

brockhaus

abc

natur-

ASTRONOMIE · BAUWESEN · CHEMIE · DATENVERARBEITUNG · ELEKTRONIK

wissenschaft

FERTIGUNGSTECHNIK · FUNK UND FERNSEHEN · GEOLOGIE · GEOPHYSIK

und

KYBERNETIK · MASCHINENBAU · PHYSIK · RADAR · RAKETENTECHNIK

technik

RAUMFAHRT · STEUERUNG UND REGELUNG · VERKEHRSTECHNIK U. A.

Brockhaus ABC

**Natur-
wissenschaft
und
Technik**

L-Z 2

Redaktionsschluß: 11. 4. 1968

Alle Rechte vorbehalten

Printed in the German Democratic Republic

9., neuüberarbeitete und erweiterte Auflage, 419.–478. Tausend

Genehmigt unter Nr. 455/150/63/68; 5/5/68; 107/68 · ES 18 A

Redaktion: Hans-Joachim Thier, Christa-Maria Eulitz, Sigrid Scheuermann, Erika Georgi

Schutzumschlag und Einbandgestaltung: Günter Junge

Typografie und Herstellung: Rolf Kunze, Paul Kretzschmar

Zeichnungen: Kollektiv freischaffender Graphiker und Zeichner

Gesamtherstellung: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig III/18/203

I, Kurzz. für → Liter.

L, **1**) Vorsilbe zur Kennzeichnung der Konfiguration am asymmetrischen Kohlenstoffatom, → Stereochemie. **2**) Zeichen für → Induktivität.

la, Kurzz. für → Lambert.

La, Symbol für → Lanthan.

Labferment, **Lab**, **Chymosin**, ein zu den Proteasen gehörendes Ferment, das vor allem in Kälbermägen vorkommt. Es fällt das in der Milch gelöste Kaseinogen-Kalzium als unlösliches Kasein-Kalzium (Parakasein) aus und bewirkt damit die Gerinnung der Milch im Magen. Das L. wird hauptsächlich zur Käsebereitung eingesetzt. Ferner verwendet man Labpräparate in der Textilindustrie bei der Herstellung von Eiweißfasern.

Labilität, swv. Unbeständigkeit, Veränderlichkeit. **Labiles Gleichgewicht**, → Gleichgewicht.

Labortherm G, Wz., → Glas.

Labrador, → Feldspäte.

Labyrinthdichtung, eine Dichtung, die aus wechselweiser Hintereinanderschaltung enger Spalte und weiterer Kammern besteht. Sie wird besonders beim Durchtritt einer Dampfturbinenwelle durch das Gehäuse angewendet. Die Geschwindigkeit des von der Druckseite her durchtretenden Dampfes wird durch Wirbelung vermindert; der Druck in den einzelnen Kammern nimmt stetig von innen nach außen ab, so daß außen nur noch unschädlicher geringer Leckdampfverlust besteht.

Lachgas, Distickstoffmonoxid, → Stickstoff.

Lacke, Anstrichstoffe, flüssige bis pastenförmige Stoffe oder Stoffgemische, die man durch Streichen, Spritzen, Tauchen oder Übergießen auf die zu lackierenden Flächen oder Gegenstände bringt und die durch physikalische oder chemische Trocknung einen auf dem Untergrund fest haftenden Überzug ergeben. L. bestehen aus einer Auflösung geeigneter organischer Filmbildner und Weichmacher in einem Lösungsmittel oder einem Lösungsmittelgemisch, gegebenenfalls unter Zusatz von Sikkativen (Trockenstoffe) oder auch Pigmenten. Pigmentierte L. werden als **Lackfarben** bezeichnet.

Die wichtigsten Filmbildner sind pflanzliche Öle, Zellulosenitrat, Vinylpolymerisate, Alkydharze, Polyester, Chlorkautschuk, Harnstoff-, Melamin-, Phenol-, Epoxid- und Naturharze. Sie beeinflussen die mechanischen Eigenschaften der L., z. B. Glanz, Härte, Schleif- und Polierbarkeit. Als Weichmacher, die die Elastizität des Anstrichfilms erhöhen sollen, werden vorwiegend Palatinole, d. s. Phthalsäureester, sowie Ester der Phosphorsäure, Adipinsäure und höherer Fettsäuren verwendet. Ölhaltigen L. n setzt man Sikkative (Trockenstoffe), besonders Schwermetallsalze von Fettsäuren zu. Als Pigmente verwendet man z. B. Baryt, Graphit und Kupferphthalocyanin. Als Lösungsmittel setzt man vorwiegend Äther, Azeton, Benzol, Toluol, Benzin, Amylacetat, Butylacetat oder Terpentinöl zu.

Die Bezeichnung der L. kann erfolgen nach ihrer Zusammensetzung (z. B. Öl-, Zellulosenitrat-, Chlorkautschuk-, Alkydharzlacke), nach ihrem Verwendungszweck (z. B. Möbel-, Auto-, Fußboden-, Holz-, Bootslacke), nach ihren gewünschten Eigenschaften (z. B. Isolierlacke, treibstoffeste L., Kleblacke), nach ihrem Aussehen (farblose und pigmentierte L.), nach ihrer Verarbeitungsform (z. B. Streich-, Spritz-, Einbrennlacke) und nach ihrer Verarbeitungsreihenfolge (z. B. Grund-, Schleif-, Deck- und Überzugslacke). Bei den physikalisch trocknenden L. n (z. B. Zellulosenitrat-, Chlorkautschuklacke) erfolgt die Filmbildung durch Verdunsten des Lösungsmittels, bei den chemisch trocknenden L. n (z. B. Alkydharz-, Polyurethanlacke) geht die Filmbildung durch chemische Reaktio-

nen, vor allem Polyaddition, Polykondensation oder Polymerisation, vor sich.

Im folgenden werden einige wichtige L. behandelt:

Spirituslacke stellen Auflösungen von Naturharzen (z. B. Schellack, Kopale, Kolophonium) oder Kunstharzen (z. B. Novolake, Alkydharze) in flüchtigen organischen Lösungsmitteln (vor allem Äthanol) dar. Sie werden besonders als Möbelpolituren, zur Lackierung von Musikinstrumenten und Spielzeug verwendet. **Öllacke** sind Lösungen von Natur- oder Kunstharzen (vor allem Kopale und durch Kolophonium modifizierte Phenolharze) und trocknenden Ölen (vor allem Leinöl) mit Zusätzen von Sikkativen in flüchtigen organischen Lösungsmitteln, wie Terpentinöl oder Benzin. Im allgemeinen verringern sich mit steigendem Verhältnis Harz : Öl Trockenzeit, Geschmeidigkeit und Witterungsbeständigkeit der Öllacke, während ihre Härte zunimmt. Öllacke werden für die verschiedenartigsten Zwecke dort verwendet, wo der Anstrich genügend Zeit zur Trocknung hat. **Alkydharzlacke** enthalten als Filmbildner Mischester aus mehrwertigen Alkoholen (z. B. Glycerin, Pentaerythrit, Hexit, Hexantriol und Sorbit) mit mehrbasigen Karbonsäuren (meistens Phthalsäure, aber auch Adipin- und Sebazinsäure). Frei bleibende Hydroxylgruppen der mehrwertigen Alkohole werden anschließend mit ungesättigten Fettsäuren verestert. In letzter Zeit haben modifizierte Alkydharze eine immer größere Bedeutung für Lackierungszwecke erlangt. Man verwendet unter anderem Umsetzungsprodukte von Styrol, Akrylsäurederivaten und Polyamiden mit Alkydharzen. Alkydharzlacke gehören strenggenommen zu den Öllacken, sind den klassischen Öllacken aber in Glanz, Trocknungszeit und Farbbeständigkeit der Anstriche überlegen und befinden sich als luft- und wärmetrocknende L. sowie als Einbrennlacke im Handel. Die Wärmetrocknung, die bei 60 bis 80 °C erfolgt, ist nur eine beschleunigte Lufttrocknung, während das Einbrennen bei Temperaturen über 80 °C vorgenommen wird. Die Einbrennzeit beträgt 10 bis 60 Minuten. **Polyesterlacke** sind Lösungen ungesättigter Polyester (z. B. Maleinsäureglykolester) in einem Monomeren (z. B. Styrol), denen man organische Peroxide als Katalysatoren zugesetzt. Sie werden als lösungsmittelfreie oder lösungsmittelarme L. verwendet. Die erhaltenen Filme sind sehr witterungs- und chemikalienbeständig. Die Polyesterlacke werden vor allem für farblose und pigmentierte Holzlacke sowie für Spachtelmassen für Holz und Eisen verwendet. **Zellulosenitratlacke (Nitrolacke)** sind als **Zaponlacke** am längsten bekannt. Außer Zellulosenitrat und den Lösungsmitteln (z. B. Azeton, Methanol) enthalten diese L. meist noch Weichmacher und zum Verbessern der Haft- und Wetterfestigkeit, des Glanzes sowie der Schleif- und Polierbarkeit bestimmte Natur- und Kunstharze. Die Zellulosenitratlacke können mit Spritzpistolen im kalten und neuerdings auch im heißen Zustand bei Temperaturen von 70 bis 80 °C aufgetragen werden. Man kann so lösungsmittelarme und damit deckfähige Zellulosenitratlacke verarbeiten, die sehr schnell trocknen und die man auf Hochglanz polieren kann. Man verwendet sie als Möbel-, Leder-, Papier- und Metallacke (Fahrzeugglacke), besonders für industrielle Serienlackierungen. **L. aus Vinylpolymerisaten** (z. B. nachchloriertes Polyvinylchlorid-azetat, Polystyrol, Polyakrylsäurederivate) verfügen über hohe Lichtechtheit und ausgezeichnete Elastizität. Man verwendet z. B. L. aus nachchloriertem Polyvinylchlorid für Flugzeuganstriche und L. aus Polyakrylsäurederivaten für Leichtmetalle und elastische Spachtelmassen. **Epoxidharzlacke** geben chemika-

lienfeste Filme mit ausgezeichneter Haftfestigkeit (besonders auf Metallen) und Lösungsmittelbeständigkeit. Man verwendet sie vorwiegend für industrielle Anstriche, z. B. von Tanks, Kesselwagen, Maschinenteilen, Baustoffplatten und Rohrleitungen. **Polyurethanlacke** zeichnen sich durch sehr gute Härte und Elastizität und durch hervorragende Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit, Chemikalien und Alterung aus. Weiterhin besitzen sie gute elektrische Eigenschaften und eignen sich besonders als Isolierlacke, ferner für Metall- und Unterwasseranstriche. **L. aus Harnstoff-, Melamin- und Phenolharzen** werden entweder durch Temperatureinwirkung (Einbrennlacke) oder durch Zugabe von Säuren (säurehärtende L.) gehärtet. Während man Harnstoff- und Melaminharzlacke vorwiegend für dekorative Zwecke verwendet, setzt man Phenolharzlacke meistens für Schutzlackierungen ein. In den **Chlorkautschuklacken** dient der aus natürlichem Kautschuk gewonnene Chlorkautschuk als Filmbildner. Diese schnell-trocknenden, wasser- und chemikalienbeständigen L. werden vorwiegend in Bergwerken und chemischen Betrieben verwendet. Unter **Kunstharz-lacken** versteht man im volkstümlichen Sprachgebrauch luft- und ofentrocknende Alkydharz-lacke, auch mit Zusätzen anderer Harztypen. Im weiteren Sinne sind Kunstharzlacke alle L. oder Lackfarben mit Kunstharzen als Filmbildner. Hierzu gehören z. B. Harnstoff-, Melamin-, Phenolharze und sonstige Plaste für L. **Asphalt-, Bitumen- und Teerpechlacke (Schwarz-lacke)** erhält man durch Schmelzen bituminöser Bindemittel und anschließende Zugabe von Lösungsmitteln. Ofentrocknende Sorten verwendet man unter anderem zur Herstellung von Kotflügel- und Fahrradlacken, während die luft-trocknenden Lösungen von Bitumen und Pech zum Anstrich von Silos, Schleusentoren, Eisen-gittern und bei Neubauten als Schutz gegen Grundwasser dienen. **Korrosionsschutzlacke** sind mehr oder weniger alle L., jedoch werden unter dieser Bezeichnung im allgemeinen solche verstanden, die den Metalluntergrund besonders gegen aggressive Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe und Rostbildung schützen. Für alle L. lassen sich die Lackrohstoffe im Rahmen ihrer Verträglichkeit miteinander kombinieren, so daß die Herstellung zahlreicher **Kombinationslacke** mit besonderen Eigenschaften für spezielle Verwendungen möglich ist.

Lit. Kisselew u. Abaschkina: Herstellung von L.n, Ölfarben und Farben (dtsch. 2. Aufl. Leipzig 1960); Klingner: Anstrichstoffe (Leipzig 1961); Kraus: Handb. der Nitrozelluloselacke (Berlin 1957); Stock: Taschenb. für die Farben- und Lackindustrie (13. Aufl. Stuttgart 1954); ABC der Anstrichstoffe und der Anstrichtechnik (3. Aufl. Leipzig 1960).

Lackmus, ein Pflanzenfarbstoff, der aus Flechten (besonders *Roccella fuciformis*, *Roccella tinctoria*) gewonnen wird. L. dient in Wasser gelöst als Indikator für Säuren und Basen: Blaues **Lackmuspapier** färbt sich in Säuren rot, rotes in alkalischer Flüssigkeit blau. In der Elektrotechnik wird L. zur Feststellung positiver Pole (rot) oder negativer Pole (blau) verwendet (bezogen auf die Färbung des Papiers).

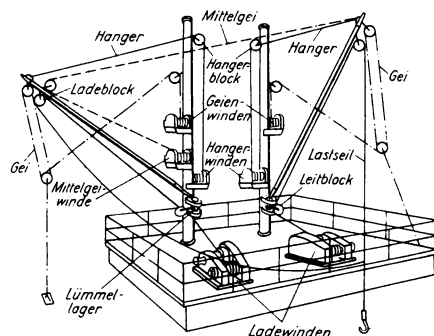
Ladebaum, → Ladegeschirr.

Ladefähigkeit, → Tragfähigkeit.

Ladefläche, die nutzbare Bodenfläche eines Güter- oder Lastkraftwagens. Sie beträgt bei Güterwagen zwischen 15 m² (bei offenen Güterwagen) und 50 m² (bei vierachsigen Run-genwagen), bei Lastwagen etwa zwischen 5 m² und 18 m². **Ladefähigkeit** ist die nutzbare Länge der Ladefläche, **Lademasse** die Masse, mit der Fahrzeuge beladen werden dürfen: bei den meistgebräuch-lichen Güterwagen 15 bis 25 Mp, bei Groß-güterwagen bis zu 60 Mp, bei Schwerwagen bis

zu 260 Mp. Die **Lastgrenze** gibt an, mit welcher Last die Wagen beladen werden dürfen, damit die für eine bestimmte Eisenbahnstrecke zu-lässige Achslast nicht überschritten wird.

Ladegeschirr, die Gesamtheit der an Bord eines Schiffes vorhandenen Einrichtungen zum Be- und Entladen. Die gebräuchlichste Ladeeinrich-tung ist der **Ladebaum**, ein baumartiges Stahl-rohr, seltener ein Rundholz. An seinem Fuß ist ein drehbarer Bolzen (**Lümmel**) angebracht, der in einem am Mast oder Ladeposten (→ Mast) befestigten Lümmellager ruht, so daß der Lade-baum in der Höhe verstellbar und nach den Seiten geschwenkt werden kann. Das freie Ende des Ladebaums hängt an einem Seil, dem **Hanger**, der über den Hangerblock am Mast geführt ist und mittels des Spillkopfs einer Ladewinde oder einer speziellen Hangerwinde verstellbar wird. In der Senkrechten wird die Last mit Hilfe des **Lade-läufers** (auch Lastseil genannt) bewegt, der über einen Ladeblock und einen Leitblock zur Lade-winde (→ Winde) geführt ist. Die seitliche Füh-rung des Ladebaums wird durch **Geien** (**Geeren**) bewirkt, die zu beiden Seiten an seiner Nock (Ende) angebracht sind und mittels Taljen (Flaschenzüge) oder besonderer Geienwinden



Durch eine Mittelgei gekoppelte Ladebäume mit Hanger- und Geienwinden

bewegt werden. Je nach der Tragfähigkeit unter-scheidet man **Normal-** oder **Leichtgutgeschirr** (bis 10 Mp) und **Schwergutgeschirr** (über 10 bis zu 100 Mp, Spezialgeschirre bis 300 Mp); Schwer-gutladebäume sind nicht an einem Mast, sondern auf dem Oberdeck unmittelbar gelagert. Viele Schiffe weisen neben Ladebäumen auch Bord-krane auf, die meist Wipprekrane sind und bis zu 5 Mp Tragfähigkeit haben (→ Kran). Eine Kombination von Ladebaum und Kran stellt der hydraulisch verstellbare **Mastkran** dar.

Lademaschinen, Lader (Tafel 21), veraltet **Ladegerät**, oft unexakt auch **Fahrlader** genannt, Arbeitsmaschinen zum Aufnehmen und Verladen von Schüttgut (z. B. Sand, Kohle, Abraum), locker gewachsenem Boden oder gesprengtem Fels. Nach dem Förderprinzip unterscheidet man Unstetig- und Stetiglader. 1) Bei den **Unstetiglädern** erfolgt das Laden diskontinuierlich durch Schaufel (Kübel), Grabgefäß, Gabeln u. a. Die wichtigste Gruppe der Unstetiglader sind die **Schaufellader**; sie werden eingeteilt in → Frontlader, → Schwenkschaufellader und → Überkopflader. **Hecklader** bestehen aus einem am Heck von Fahrzeugen, insbesondere Trak-toren, angebrachten kleinen Drehkran mit Grei-fer oder Baggerlöffel. Für den Untertagebetrieb (auch Stollen- und Tunnelbau) werden → Wurf-schaufellader, → Zughakenlader und → Stoß-schaufellader eingesetzt, für Be- und Entlade-arbeiten auch Universalbagger (→ Bagger), → Greifer, → Gabelstapler mit Schüttgutbehälter

u. a. Auch → Schrapper, insbesondere Handschapper, werden manchmal zu den L. gezählt.

2) Bei den **Stetiglädern** erfolgt das Laden kontinuierlich. Das Gut wird mittels Schnecke, Fräschneiben oder Becherwerk aufgenommen und durch Gummigurt-, Stegkettenförderer oder Schüttelrutsche weitergeleitet. Stetiglader sind → Schneckenlader, → Becherwerkslader, → Fräschneibenlader, → Kugelschauler u. a.

Ladepritsche, ein → Lastaufnahmemittel.

Lader, 1) svw. → Lademaschine. 2) Maschinenbau: svw. Aufladegebläse, → Aufladung.

Ladung, im ursprünglichen Sinne als **elektrische Ladung** Bezeichnung für die substanzartige Eigenschaft der Elektrizität. Es gibt zwei Arten von elektrischen L.en, positive (+) und negative (-). Eine positive L. erhält man z. B., wenn man ein an einem dünnen Faden aufgehängtes Holundermarkkügelchen mit einem Glasstab berührt, der vorher mit einem Lederlappen gerieben wurde, eine negative, wenn man den gleichen Versuch mit einem Hartgummistab macht. Gleichnamige L.en stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Bringt man gleich große ungleichnamige L.en zusammen, so kompensieren sie sich, gleichnamige dagegen addieren sich. Die Einheit der L. ist das Coulomb. Nach den bisherigen Beobachtungen bestehen alle in der Natur auftretenden L.en aus ganzzahligen Vielfachen einer kleinsten L. e , die als **Elementarladung** oder **Elementarquantum** bezeichnet wird und die Größe $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Coulomb hat. Als positive Ladung (+ e) ist die Elementarladung mit dem Proton und dem Positron verbunden, als negative (- e) mit dem Elektron und dem Antiproton. Die wichtigsten Ladungsträger sind die für den elektrischen Strom in Metallen verantwortlichen Elektronen. In der Feldtheorie sind **ruhende L.en** die Quellen des elektrostatischen Feldes (→ elektrisches Feld), während **bewegte L.en** neben dem elektrischen Feld auch ein magnetisches Feld erzeugen.

Charakteristische Ladungsanordnungen sind die Punktladung, die Linienladung, die Flächenladung und die Raumladung. Bei den drei letzteren ist die **Ladungsdichte** eine charakteristische Größe, die als L. je Längeneinheit, L. je Flächeneinheit bzw. L. je Volumeneinheit definiert ist. Spezielle Anordnungen von ungleichnamigen Punktladungen gleicher Größe sind die **Multi-pole**, die bei der Untersuchung der Molekül- und Atomstruktur eine Rolle spielen. Der einfachste Multipol ist der → **Dipol**, bestehend aus einer positiven und einer negativen L. in bestimmtem Abstand voneinander und gekennzeichnet durch das **Dipolmoment** (Produkt aus L. und Abstand). Zwei Dipole in bestimmtem Abstand voneinander bilden einen **Quadrupol**, der durch das **Quadrupolmoment** gekennzeichnet ist. Liegt z. B. im Atomkern eine unregelmäßige Ladungsverteilung vor, so können durch Untersuchung der **Multipolmomente** (Kernmomente) Schlüsse auf den Kernaufbau gezogen werden.

Im übertragenen Sinne spricht man auch bei anderen Feldern von **felderzeugenden L.en**. Man hat z. B. die schweren Massen als die Ladungen des Gravitationsfeldes (→ Feld) anzusehen. Im Unterschied zu den elektrischen L.en gibt es hier nur ein Vorzeichen (nur Anziehung) und wahrscheinlich keine Elementarmassen. (Theoretische Ansätze mit negativen Massen wurden jedoch schon gemacht.) Ebenso gibt es L.en des Mesonenfeldes: **mesonische L.en** (→ Quantentheorie der Felder).

Lit. → Elektrizität.

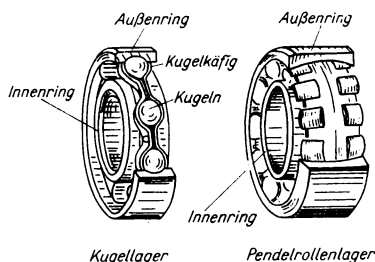
Lafette, → Geschütz.

Lagenholz, → Holz.

Lager, 1) Maschinenbau: ein Maschinenelement zum Tragen und Führen von sich drehenden Wellen und Zapfen. Man unterscheidet

Festlager, die nur die Drehung einer Welle, aber keine Verschiebung zulassen, und **Loslager**, die außer der Drehung der Welle noch eine Verschiebung in Achsrichtung nach beiden Seiten hin gestatten.

Nach der Art der auftretenden Reibung werden L. eingeteilt in **Gleitlager** (L. mit gleitender Reibung) und **Wälzlager** (L. mit rollender Reibung und deshalb mit niedrigem Reibungsbeiwert). Beide L. können nach der Richtung der Belastung **Radial-** oder **Querlager** sein (Belastung erfolgt senkrecht zur Lagerachse) und **Axial-** oder **Längslager** (Belastung erfolgt in Richtung der Lagerachse); in bestimmten Fällen kann auch eine Kombination zur Aufnahme von Quer- und Längsbelastungen vorliegen. 1) **Gleitlager**. Man unterscheidet **Verschleißlager** und **verschleißlose L.** (hydrodynamische, aerodynamische L., Hydrauliklager, aerostatische L.). Beim **Verschleißlager** tritt immer Berührung zwischen Welle (Zapfen) und Lagerschale auf, beim **verschleißlosen L.** sind beide durch einen Schmierfilm getrennt. Vorteile der verschleißlosen L. sind verminderte Reibung und höhere Lebensdauer. Verschleißlager sollten nach Möglichkeit vermieden werden. — **Gleitlager** für **Querbelastung** (Radiallager) werden entweder als geschlossene Buchse oder zweiteilig ausgebildet und bestehen aus dem Lagergehäuse (Grauguß, Stahlguß oder geschweißte Stahlbleche) und den eigentlichen Lagerschalen (Grauguß, Rotguß, Bronze, Sinterisen oder Kunststoff). Zur Einsparung von Buntmetall bestehen heute die Lagerschalen meist aus gußeisernen oder stählernen Stützschalen, die mit einem Lagermetall (Weißmetall, Bronze, Rotguß u. a.) ausgegossen sind (**Verbundgleitlager**). Hochwertige feinmechanische Geräte, z. B. Uhren, werden zur Verminderung der Reibung vielfach in Halbedelsteinen und Edelsteinen (Achat, Rubin, Diamant) gelagert. **Gleitlager** für **Längsbelastung** (Axial-, Stütz- oder Spurlager) haben einen Bund auf der Welle, der gegen einen Ring oder gegen feste oder einstellbare Gleitklötze (Kreisringsegmente) läuft, um eine Verschiebung der belasteten Welle in Achsrichtung zu verhindern.



2) **Wälzlager**. Wälzlager für **Querbelastung** (Radiallager) bestehen aus einem **Außenring**, der in die Bohrung des Lagergehäuses eingesetzt wird; einem **Innenring**, der auf die Welle eingesetzt wird und mit ihr umläuft; den **Wälzkörpern**, die sich bei Drehung der Welle zwischen Innen- und Außenring auf den Rollbahnen abwälzen; einem **Käfig**, in dem die Wälzkörper gefaßt und in einem bestimmten Abstand geführt werden. Wälzlager, deren Innenringe praktisch reibungsfrei um eine beliebige, die Wellenmittellinie schneidende Achse schwenken können, sind **Pendellager** (Pendelkugellager, Pendelrollenlager). Nach Art der Wälzkörper unterscheidet man **Kugel-, Zylinderrollen-, Kegelrollen-, Tonnen- und Nadellager**. Der Forderung nach leichter und kleiner Bauweise folgend, werden heute Nadellager bereits ohne Innenring ausgeführt,

so daß die Nadeln unmittelbar auf der entsprechenden vorbereiteten Wellenoberfläche laufen. Wälzlager für *Längsbelastung* (Axiallager) bestehen aus zwei kreisringförmigen Scheiben, von denen eine an einem Absatz der Welle anliegt und sich mit ihr dreht, während die andere fest im Gehäuse gelagert ist. Zwischen diesen Scheiben wälzen sich bei Drehung der Welle, ebenfalls in einem Käfig geführt, die Wälzkörper ab.

Vorteile der Gleitlager sind ruhiger und geräuschloser Lauf, großes Dämpfungsvermögen, hohe Laufgenauigkeit durch geringes Lagerspiel, Möglichkeit der geteilten Bauweise. Vorteile der Wälzlager sind Kraftersparnis durch geringe Anlaufreibung, Schmiermittlersparnis, kleine Einbaulänge, einfache Wartung.

Nach der Art der Befestigung der L. unterscheidet man **Steh-, Bock-, Hängelager** u. a.

Lit. Bauer, Schneider, Kaltoven: Achsen, Wellen, L., Kupplungen (4. Aufl. Leipzig 1964).

2) **Geologie**: eine plattenförmige, in Sedimente eingeschaltete Erz- oder andere Gesteinschicht. Ein L. kann magmatischer Herkunft sein (**Intrusivlager, Lagergang**) oder sedimentär (z. B. oolithische Eisenerzlager, Roteisensteinlager). Sedimentäre L. bezeichnet man auch als **Flöze**.

Lagerhölzer, Kanthölzer, die auf Massivdecken zur Aufnahme des Holzfußbodens verlegt werden oder die als Unterlage zum Stapeln von Brettern, Balken und sonstigen Bauteilen dienen.

Lagermetalle, Werkstoffe für Achslager, Gleitbahnen u. a. Wichtige L. sind Sinter- und Gußeisen sowie vor allem Legierungen, die als Hauptbestandteil Zinn, Blei oder Kupfer enthalten. **Zinnlagermetalle (Weißmetalle)** können bleifrei oder bleihaltig sein; der Zinngehalt beträgt 5 bis 80 %, der Bleigehalt 0 bis 79 % bei Antimongehalten von 11 bis 15 % und Kupfergehalten zwischen 1 und 9 %. **Bleilagermetalle** enthalten gewöhnlich 60 bis 80 % Blei und als härtenden Bestandteil Antimon, meist etwas Zinn, Kupfer, Arsen bzw. gleiche Teile Antimon und Zinn. Als Härtezusatz können auch geringe Mengen von Alkali- oder Erdalkalimetallen dienen (→ **Bahnmetall**). **Kupferlagermetalle** (→ **Rotguß**) enthalten außer Kupfer 4 bis 10 % Zinn und 2 bis 7 % Zink, gegebenenfalls mit Bleizusatz. Sintermetalle können, wenn sie mit Öl getränkt sind, ebenfalls als L. eingesetzt werden.

Lagerstätten, abbauwürdige Konzentrationen nutzbarer Gesteine und Minerale. Die gebräuchlichste Einteilung erfolgt nach der Art des nutzbaren Stoffes in 1) **Erzlagerstätten**, worunter man in der Lagerstättenlehre außer den Vorkommen von Erzen auch die von Nichterzen versteht; 2) **Kohlenlagerstätten**, die Vorkommen von Stein- und Braunkohle, Anthrazit, Torf; 3) **Salzlagerstätten** mit Kalisalzen und Steinsalz, Boraten, Salpeter; 4) **Erdöllagerstätten**, die Vorkommen von Erdöl, Erdgas, Ölschiefer und anderen Bitumina; 5) **L. der Steine und Erden**. — Bei → Grundwasser spricht man von Grundwasserspeicherstätten.

Die mineralischen L. können nach ihrer Entstehung in folgende Gruppen eingeteilt werden.

1) **Magmatische L.** umfassen alle Bildungen, die aus dem Magma direkt oder aus den von ihm abgespaltenen Spätphasen stammen (→ **Differentiation**). Dazu gehören a) die durch gravitative **Differentiation** entstandenen **liquid-magmatischen L.** mit Anreicherungen von Chromit, Platin, Nickelmagnetkies, Kupferkies u. a.; b) die **pegmatitischen L.**, die in grobkörnigen Pegmatiten Minerale mit seltenen Metallen, z. B. Tantal, Beryllium, Seltene Erden, Tantal, Niob, Uran, auch bauwürdigen Feldspat und Glimmer enthalten; c) die **pneumatolytischen L.**, die durch

Abscheidungen aus überkritischen Gasen und Dämpfen entstanden sind und z. B. Zinn-, Wolfram- und Molybdänminerale enthalten; d) die **hydrothermalen L.** als Absätze aus wässrigen Lösungen, die die Hauptmenge der Bunt- und Edelmetalle enthalten, z. B. Blei, Zink, Kupfer, Gold, Silber, Uran u. a. Die L. unter a) bis d) können an Tiefengesteinskörpern gebunden sein, die unter d) außerdem auch an subvulkanische Lieferherde. Ferner gibt es noch die Gruppe der **Kontaktlagerstätten**, die im unmittelbaren Kontakt des Magmas mit Nebengestein entstehen können (z. B. → **Skarne**). Die **Exhalationslagerstätten** sind direkt an vulkanische Gesteine gebunden, besonders wichtig sind vor allem die untermeerisch gebildeten Eisenerze.

2) **Sedimentäre L.** umfassen alle durch → **Verwitterung**, **Abtragung** und **Ablagerung** entstandenen L. Dazu gehören a) die durch **Verwitterung** von älteren L. in der Oxydations- und Zementationszone gebildeten Anreicherungen (Eisenerz Hut u. a.); b) die **Verwitterungsbildungen** in Gesteinen (Kaolin, Bauxit); c) **Seifen und Trümmerlagerstätten**, deren Stoff durch Vorgänge des Transportes infolge seiner hohen Wichte angereichert wurde; d) **Ausscheidungs-lagerstätten**, deren Stoff im gelösten Zustand transportiert und durch Ausfällung oder Ausflockung ausgeschieden wurde, wie oolithische Eisenerze im Meer, Raseneisenerze auf dem Festland, Kupferschiefer in sulfidischem Tiefenwasser eines Meeresbeckens u. a.

3) **Metamorphe L.** umfassen alle L., die durch Umbildung von bereits vorhandenen festen Produkten innerhalb der Erdkruste bei erhöhten Temperaturen und Drücken entstanden sind (→ **Metamorphose**). Zu den metamorphen L. kann man auch die **metasomatischen** oder **Verdrängungslagerstätten** rechnen, die durch Einwirkung metallhaltiger Lösungen auf reaktionsfähige Gesteine (besonders Kalke) gebildet worden sind (→ **Metasomatose**).

Nach ihrer Form unterteilt man die L. in Flöze, Lager, Linsen, Stöcke, Gänge und Verdrängungskörper. Es ist die Aufgabe der **Lagerstättenforschung**, nutzbare mineralische Rohstoffe aufzufinden und die L. in ihren natürlichen Bildungsablauf einzuordnen. Dabei bedient sie sich der Arbeitsmethoden der Geologie, Geophysik, Geochemie und Mineralogie bei Erkundungen im Gelände und Untersuchungen im Labor.

Lit. Ginsburg: Grundlagen und Verfahren geochemischer Sucharbeiten auf L. der Buntmetalle und seltenen Metalle (Berlin 1963); Huttenlocher: Mineral- und Erzlagerstättenkunde (2. Aufl. Berlin-W 1965); Oelsner, Krüger: L. der Steine und Erden (Berlin 1958); Petraschek: Lagerstättenlehre (2. Aufl. Wien 1961); Ramdohr: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen (3. Aufl. Berlin 1960); Schneiderhöhn: Erzlagerstätten (4. Aufl. Stuttgart 1962); Die Erzlagerstätten der Erde, Bd I und II (Stuttgart 1958 und 1961); Wachromejew: Erzmikroskopie (dtisch Berlin 1954).

Lagerung, Lagerungsform, die räumliche Anordnung eines Gesteinskörpers im Vergleich zu den umgebenden Gesteinsmassen. **Tiefengesteine** lagern in Form von Stöcken, Lakkolithen, Batholithen; **Ergußgesteine** z. B. in Form von Kuppen, Decken, Strömen auf der Erdoberfläche; **Sedimentgesteine** in Schichten. Die L. kann ungestört, ursprünglich oder durch Krustenbewegungen gestört sein.

Lagune, 1) svw. → **Haff**. 2) → **Korallenriffe**.

Lahnporphyr, ein → **Keratophyr**.

Lakkolith, ein → **Pluton**.

Laktame, zyklische Säureamide, in denen die CO—NH-Gruppierung Bestandteil des Ring-systems ist. L. werden insbesondere von γ -, δ - und ϵ -Aminosäuren gebildet. Technisch von Bedeutung ist das → ϵ -Kapolaktam.

Laktate, Salze und Ester der → **Milchsäure**.

Laktoflavin, → Vitamine.

Laktone, zyklische Karbonsäureester, in denen die Estergruppe Bestandteil des Ringsystems ist. Sie entstehen vor allem aus γ - und δ -Hydroxysäuren durch dehydrierende Zyklisierung (Wasseraustritt unter Ringschluß).

Laktose, **Milchzucker**, $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$, ein aus D-Glukose und D-Galaktose aufgebautes Disaccharid. L. kristallisiert als Monohydrat (F. 202 °C), schmeckt schwach süß und läßt sich durch Einwirkung von Säuren oder Fermenten in ihre Bestandteile spalten. Sie wird vorwiegend in den Milchdrüsen der Säugetiere und Menschen gebildet und ist Bestandteil der Milch (von 4 bis 8 %). Technisch wird L. aus der als Nebenprodukt der Käsebereitung anfallenden Molke gewonnen. Sie dient vorwiegend als Grundsubstanz in pharmazeutischen Präparaten, in der Chromatographie und als Gärsubstrat bei der Penicillinproduktion.

lambert, Kurzz. **la**, nach dem deutschen Mathematiker und Physiker J. H. Lambert benannte

Einheit der Leuchtdichte in den USA. $1 \text{ la} = \frac{1}{\pi} \text{ sb}$ (Stilb) = $0,318 \text{ sb} = 0,318 \text{ cd cm}^{-2}$ (Candela/Quadratcentimeter).

Lamelle, ein Blättchen oder eine dünne Scheibe aus Metall, Plast, Pappe, Papier o. a., z. B. in Kondensatoren, Lamellenkupplungen.

laminar, 1) Chemie: blättchenförmig; l. sind z. B. manche → dispersen Systeme. 2) l. e Strömung, → Strömungslehre.

Laminarprofil, das Profil eines Tragflügels, bei dem durch entsprechende Formgebung (möglichst gleichmäßiger Anstieg der Profildicke) in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich die Grenzschicht weitgehend laminar und damit der Reibungswiderstand gering gehalten wird. Das L. wird bei Hochleistungsgeflügelzeugen und lang-samen Motorflugzeugen angewendet.

Lampe, eine künstliche Lichtquelle. Die L. ist in erster Linie ein Gerät zur Erzeugung von Licht im Unterschied zur Leuchte (→ Beleuchtungstechnik), seltener dient sie anderen Zwecken (Heiz-, Lötlampe). Man unterscheidet je nach Art des Energieumsatzes Verbrennungslampen (z. B. Gaslampen) und elektrische L.n. Bei der **Gaslampe** strömt das Gas (Stadtgas oder ein sonstiges Heizgas) gegen einen → Glühkörper, verbrennt hier und bringt ihn zur Weißglut. Bei den **elektrischen L.n.** unterscheidet man a) → Glühlampen; b) → Gasentladungslampen; c) Mischlichtlampen, d. s. kombinierte Glüh- und Gasentladungslampen (Verbundlampen), bei denen das Entladungsrohr von einem Glühdraht umgeben ist.

Lamprophy, ein dunkles Ganggestein mit porphyrischem Gefüge, das an einen Tiefengesteinskörper (meist von granitischer bis dioritischer Zusammensetzung) gebunden ist, aber chemisch stark abweicht. Zur Gruppe der L.e. gehören **Minette**, aus Orthoklas, Plagioklas und Biotit aufgebaut; **Vogesit**, aus Orthoklas, Plagioklas und Hornblende; **Spessartit**, aus Plagioklas und Hornblende; **Kersantit**, aus Plagioklas und Biotit; **Camptonit**, aus Plagioklas und Titanit. Die L.e. finden sich in wechselnder Ausbildung bei allen größeren Tiefengesteinskörpern.

lan, Kurzz. für → langley.

Lanameter [lateinisch lana 'Wolle'], ein Projektions-Meßmikroskop zur Dickenmessung von Wollfasern und anderen Fasern mit kreisförmigem Querschnitt. Die zu messenden Fasern werden mit einem Abbildungsmaßstab von meist 500 : 1 auf eine Mattscheibe oder auf den Arbeitstisch projiziert.

Landhilfe, eine Einrichtung zur Verkürzung der Landstrecke von Luftfahrzeugen. L.n. sind vor allem bei schnellen Flugzeugen mit großer Flächenbelastung notwendig. Nach ihrer Haupt-

wirkung unterscheidet man auftriebs- und widerstandserhöhende L.n. Die gebräuchlichsten auftriebs erhöhenden L.n. bilden die **Landeklappen**, die meist im hinteren Bereich des Tragflügels am Rumpf beginnend, teilweise auch unter Einbeziehung der Querruder über die gesamte Spannweite verlaufend angebracht sind. Durch Herausschwenken der Landeklappen nach unten nimmt der maximale Auftriebsbeiwert zu, so daß bei geringerer Geschwindigkeit ein gleicher Auftrieb erzielt wird. Man unterscheidet verschiedene Ausführungen (Spreiz-, Wölbungs-, Spaltklappe, Nasenklappe oder Vorflügel). Die Spaltklappe hat eine größere Wirkung als die Wölbungs- und Spreizklappe, weil durch Entstehen einer Strömung zwischen Tragflügel und Klappe ein vorzeitiges Abreißen der Oberseitenströmung verhindert wird. Doppelspaltklappen lassen einen noch größeren Anstellwinkel zu als einfache Spaltklappen. Die Fowler-Klappe wirkt wie die Spaltklappe, kann jedoch nach hinten ausgefahren werden und vergrößert so zusätzlich den Tragflügel. An der Flügelvorderkante fest oder ausfahrbar angebrachte Nasenklappen verbessern ebenfalls die Umströmung des Profils bei großen Anstellwinkeln und wirken so als L. Mitunter zweigt man auch von dem aus Strahltriebwerken austretenden Gasstrahl einen Teilstrom ab und lenkt ihn durch eine Strahlklappe schräg nach unten. Landeklappen dienen auch als Starthilfen, dabei werden sie nicht voll ausgefahren.

Landebremsen wirken durch den Widerstand, den sie der Luft bieten. Hierzu gehören **Bremsklappen** auf dem Tragflügel (auch als Sturzflugbremse verwendet) oder am Flugzeugheck ausstoßbare, im Fahrtwind sich aufblähende Bremsschirme (→ Fallschirm). Auch die Umkehr des Propellerstrahls oder des Turbinenstrahls wirkt als L. Fangnetze an den Enden der Landebahnen sind ebenfalls L.n.

Land-Radar-System, → Anflug- und Landesysteme.

Landesysteme, → Anflug- und Landesysteme.

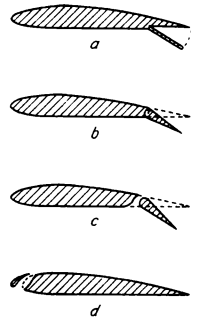
Landkarte, → Karte.

Landmaschinen, → landwirtschaftliche Maschinen und Geräte.

Landtechnik (Tafel 36), **Agrartechnik**, **Agrotechnik**, der Zweig der Landwirtschaft, der sich mit allen Problemen beschäftigt, die mit der Mechanisierung und Automatisierung landwirtschaftlicher Arbeitsprozesse in Verbindung stehen. Die in der Landwirtschaft eingesetzten Maschinen und Geräte dienen entweder als **Arbeitsmaschinen**, die landwirtschaftliche Arbeiten unmittelbar verrichten (z. B. Bodenbearbeitungsmaschinen und -geräte, Transportmaschinen und -anlagen), oder sie verwandeln als **Kraftmaschinen** ihre Energie in mechanische Arbeit, um schließlich die menschliche und tierische Arbeitskraft zu ersetzen. Im Mittelpunkt der Kraftquellen in der Landwirtschaft steht als Antriebskraft für Landmaschinen der Ackertraktor, der aus der Zugmaschine zur zentralen Kraftquelle und gerätetragenden Antriebseinheit entwickelt wurde. Für die Innenwirtschaft wird vorrangig der elektrische Strom als Antriebskraft verwendet.

Mit der Einführung moderner Maschinen, wie selbstfahrender Landmaschinen, ändert sich nicht nur die Arbeits- und Betriebsorganisation, sondern es ergibt sich vor allem eine neue Produktionstechnik.

Die sozialistische Landwirtschaft begünstigt die Einführung moderner Maschinen durch die gesellschaftlich planmäßig organisierte Arbeit und die sozialistische Großflächenwirtschaft. Die dadurch bedingte Umgestaltung des Produktionsgefüges der Landwirtschaft ist ein Entwicklungsprozeß, der nicht zuletzt von dem Entwicklungstempo der modernen L. abhängt.



Landehilfen: a Spreizklappe, b Wölbungsklappe, c Spaltklappe, d Nasenklappe (Vorflügel)

Grunderfordernis für alle in der landwirtschaftlichen Produktion eingesetzten Maschinen und Geräte sind Betriebs- und Funktionssicherheit, Dauerhaftigkeit, einfache Bedienung, vielseitige Verwendbarkeit, hohe Leistungsfähigkeit, geringe Anschaffungs- und Betriebskosten und reibungslose Ersatzteilversorgung auf der Grundlage einer einfachen Reparaturtechnologie.

Entscheidende Bedeutung kommt der L. im Zusammenhang mit der angestrebten Einführung *industriemäßiger Produktionsmethoden* in der Landwirtschaft zu. Im Vordergrund stehen hier besonders der *Bau von landtechnischen Anlagen* sowie die Ausarbeitung und Anwendung von *Mechanisierungssystemen*. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Mechanisierung der Außenwirtschaft (Bodenbearbeitung, Saat, Pflege- und Erntearbeiten) und der Mechanisierung der Innenwirtschaft (mit der Viehhaltung zusammenhängende Arbeiten, innerbetriebliche Transporte). Etwa 60 % aller landwirtschaftlichen Arbeiten entfallen auf die Innenwirtschaft. Ihrer Mechanisierung kommt daher besondere Bedeutung zu.

Die landtechnische Forschung obliegt in der DDR neben den Landmaschinen-Instituten der Technischen Hochschulen und der landwirtschaftlichen Fakultäten der Universitäten, im besonderen dem *Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften*.

Mit der Entwicklung neuer landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte befassen sich das *Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau* in Leipzig sowie eine Reihe von Entwicklungsteilen in Volkseigenen Betrieben, die der VVB Landmaschinen- und Traktorenbau unterstellt sind.

Lit. → landwirtschaftliche Maschinen und Geräte.

Landungsfahrzeug (Tafel 17), ein zu den Kriegsschiffen zählendes Mehrzweckwasserfahrzeug zur Anlandung von Truppen und Kampftechnik sowie zum Minenlegen und zum Transport von Kampftechnik und Truppen. L.e sind pontonförmig und meist mit einer absenkbaren Bugklappe oder einem Bugtor zum Anlanden versehen. Eine Sonderform ist das *Docklandungsschiff*, bei dem durch Absenken des Hinterschiffs Wasser in ein tiefes Mittelteil eindringt, so daß dort befindliche Landungsboote und Amphibienfahrzeuge aufschwimmen. Die Geschwindigkeit von L.en beträgt bis 20 kn (Knoten). Kleine L.e mit einem Displacement bis 200 ts (tons) und einem Tiefgang von etwa 1 m (Ladefähigkeit bis zu 2 Panzern oder SPW und einem Mot.-Schützenzug mit Ausrüstung) landen Truppen und Kampftechnik am Strand an, mittlere L.e (Displacement bis 600 ts, Tiefgang etwa bis 1,40 m, Ladefähigkeit bis zu 6 Panzern, SPW oder Räderfahrzeugen und einer Mot.-Schützenkompanie mit Ausrüstung) landen entsprechend ihrem Tiefgang an offener Küste an. Große L.e (Displacement meist über 1000 ts) laden wegen ihres Tiefgangs nur Schwimmfahrzeuge und landen diese auf offener See vor der Küste an.

L.e sind zur Verteidigung mit Fla-Waffen und Geschützen ausgerüstet, es gibt auch L.e mit leichter Raketenbewaffnung.

landwirtschaftliche Maschinen und Geräte, technische Hilfsmittel des landwirtschaftlichen Betriebes (Tafel 36). Im Produktionsprozeß haben sie unter anderem folgende Aufgaben zu erfüllen: 1) Erhöhung der Arbeitsproduktivität durch Verkürzung des Arbeitszeitaufwandes, Verbesserung der Arbeitsgüte, Verringerung des Arbeitskräftebedarfs u. a.; 2) Erleichterung der Arbeit; 3) Steigerung der Erträge; 4) Senkung der Selbstkosten je Erzeugniseinheit; 5) Erhaltung und Verbesserung der Qualität landwirtschaft-

licher Produkte. Nach der Zweckbestimmung werden die L.n M. u. G. wie folgt eingeteilt:

1) **Geräte und Maschinen für Bodenbearbeitung und Melioration**: Pflug, Egge, Grubber, Acker-schlepe, Walze, Krumpenpacker, Kombinator, Bodenfräse, Dränggrabenbagger, Dränmaschinen, Planiergerät; Aushubverteiler, Grabenpflüge, Grabenfräsen, Grabenräummaschinen, Böschungs-mäher, Besandungsmaschinen.

2) **Maschinen und Geräte für die Düngung**: Düngerstreuer, Stalldüngestreuer, Jauchepumpen, Jauchefässer mit Jaucheverteiler, Schlamm- und Gülleverteiler; Beregnungsanlagen.

3) **Maschinen und Geräte zum Säen, Pflanzen und zur Pflanzenpflege**: Drillmaschine, Breit-sämaschine, Dibbelmaschine, Gleichstandsdrill-geräte, Maislegemaschine; Pflanzlochmaschine, Zudeckmaschine, Pflanzmaschine, Kartoffellege-maschine; Hackgerät, Hackmaschine, Vielfach-gerät, Egge, Rübenausdüngergerät, Ausdünn-striegel, Ackerbürste, Wiesenhobel, Walze.

4) **Pflanzenschutzgeräte**: Spritz-, Sprüh-, Nebel- und Stäubegeräte; Fanggrabenpflüge, Fang-schlitzgeräte.

5) **Ernteberegnungsmaschinen und -geräte**. Man unterscheidet Maschinen und Geräte a) zur Heu-erwerb und Futterpflanzenernte: Gras-mäher, Anbaumäherwerk, Mähader, Feldhäcksler, Zetter, Heuwender, Heuvielfachgerät, Heu-rechen, Heulader, Räum- und Sammelpresse, Aufsammeleschneidegebläse, Frontlader, Auflade-gerät; b) zur Getreideernte: Mähdrescher, Mähbinder, Schwadmäher, Ableger, Feldhäcksler; c) zur Kartoffelernte: Kartoffelrodepflug, Schleuderräder, Vorratsroder, Kartoffelvoll-erntemaschine; d) zur Rüben-ernte: Köpf-schuppe, Köpfschlitten, Rübenrodegabel, Rüben-hebegerät, ferner Rübenrodepflug, Rübenrode-gerät, Rübenvollerntemaschine; e) zur Lein-ernte: Leinraufmaschine, Leinvollerntemaschine f) zur Mais-ernte: Maisvollerntemaschine, Mäh-binder, Mähhäcksler.

6) **Maschinen und Geräte für Drusch, Ernte-aufbereitung und Lagerung**: Dreschmaschine, Strohpresse, Maisentliesmaschine, Maisrebbler, Kleereiber, Samenreinigungs- und Samensortier-gerät (Siebe, Trieure, Windfege, Schrägband-ausleser, Saatgutbereiter), Kartoffelsortierma-schine, Beizmaschine, Trocknungsanlagen, Mien-tzudeck- und Mietenabdeckmaschinen.

7) **Maschinen und Geräte für die Viehhaltung und Futterbereitung**: Elektrozaun; Häcksel-maschine, Futter- und Stroheißer, Futtermuser, Rübenschneider, Futtermühle, Futterdämpfer, Kartoffelwaschmaschine, Kartoffelquetsche, Rübenblattwäsche, Futtermisch- und -dosie-rungsanlagen; Tränkeinrichtungen; Entmistungs-anlagen; Geräte zur Tierpflege.

8) **Transport- und Fördereinrichtungen**: Hänge-bahn, Greiferaufzug, Seilwinde, Kran, Lader, Gebläse, Förderer; Traktoren, Ackerwagen, Transportkarren.

9) **Milchwirtschaftliche Maschinen und Geräte**: Melkmaschine, Milchkühler, Milchheber, Milch-behälter, Zentrifuge.

10) **Maschinen und Anlagen für Wärme, Kraft, Licht und Wasser**: Wärmekraftmaschinen, Bio-gasanlagen, Elektromotoren, Windkraftmaschi-nen, Wasserkraftmaschinen.

11) **Spezialmaschinen und Geräte für Garten-, Obst- und Weinbau**: Erdtopfpresen, Erde-dämpfanlagen, Grabenfräsen, Handsämaschinen, Baumscheibenfräsen, Baumschüttler u. a.

Fahrbare L. M. u. G. sind für Gespann- oder Traktorzug bestimmt oder als Anbaugerät, als Aufsattelgerät oder als selbstfahrende Maschine ausgeführt.

Lit. Curtz u. Tabbert: Landmaschinen im Bild (Ber-
lin 1961); Dünnebeil: Maschinen und Geräte für Pflan-
zenschutz und Schädlingsbekämpfung (Berlin 1961); Foltin:

Entwicklung und Konstruktion von Landmaschinen (Berlin 1952); Heese: Meliorationsmaschinen (Berlin 1961); Heyde: Landmaschinenlehre, 2 Bde (Berlin 1963/67); Kanafjowski: Halmfruchterntmaschinen (Berlin 1961); Krutikow: Maschinen und Geräte für Bodenbearbeitung, Aussaat und Pflanzenpflege (Berlin 1955); Somitsch: Mechanisierung der Viehwirtschaft (Berlin 1956); Uhlmann: Neue Technik auf dem Lande. Die Mechanisierung der Feldwirtschaft (Berlin 1964); Wicha: Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung (Leipzig 1957); Ztschr.: Archiv für Landtechnik (Berlin), Deutsche Agrartechnik (Berlin).

Länge, 1) **geographische L.**, im Gradnetz der Erde der Abstand eines Punktes der Erdoberfläche von einem festgelegten Längengrad. Die **Längengrade** bilden eine sich in den Polen schneidende Großkreisschar. Alle Orte gleicher geographischer L. haben die gleiche Zeit und damit auch zur gleichen Zeit Mittag. Die Längengrade von Pol zu Pol werden deshalb auch als **Meridiane** (Mittagslinien) bezeichnet. Die geographische L. ist der in Grad gemessene Winkel λ , den eine Meridianebene mit der Ebene des Nullmeridians einschließt. Als **Nullmeridian** dient der durch die ehemalige Sternwarte von Greenwich im Osten von London verlaufende Meridian. Alle Orte westlich von Greenwich haben westliche L. (abg. w. L., 0 bis 180°), alle Orte östlich davon östliche L. (abg. ö. L., 0 bis 180°). Der Abstand zwischen zwei um 1° auseinanderliegenden Meridianen, der als **Abweitung** bezeichnet wird, verringert sich vom Äquator aus mit wachsender Breite, und zwar beträgt er am Äquator 111,3 km, in 30° Br. 96,5 km, in 50° Br. 71,7 km, in 70° Br. 38,2 km und in 90° Br. 0 km. Die von zwei benachbarten Meridianen eingeschlossene, ein sphärisches Zweieck bildende Fläche wird als **Längengrad** bezeichnet. Abb. → Ortsbestimmung.

2) eine Winkelkoordinate in → astronomischen Koordinatensystemen.

Längenmeßmaschine, → Meßmaschine.

Langleine, ein → Fischfanggerät.

langley, Kurzsz. lan oder ly, Einheit der Energie in der Astrophysik (→ Solarkonstante). 1 lan = 1 cal cm⁻² = 4,1868 J cm⁻².

Längskeil, ein zu den Verbindungselementen gehörendes Maschinenelement. Der L. dient zum Befestigen (Verkeilen) von Rädern und Riemenscheiben auf Wellen und besteht meist aus einem viereckigen Stahlstück mit einer geraden und einer geneigten Begrenzungsfläche. Da er zwischen Welle und Nabe eingetrieben oder eingeschlagen wird, erfolgt eine Verspannung und die Übertragung des Drehmomentes durch Kraftschluß. Der L. trägt also am Rücken und Bauch und hat seitliches Spiel (im Gegensatz z. B. zur Paßfeder als formschlüssige Mitnehmerverbindung). Nach Gestalt und Art des Einbaues des L.s unterscheidet man Nutenkeil mit und ohne Nase, Flach- und Hohlkeil mit und ohne Nase, Rundkeil, Tangentkeil, Einlegekeil, Treibkeil. Heute ist der L. wegen der durch die Keilwirkung bedingten einseitigen Verspannung durch die Paßfeder (→ Feder) verdrängt.

Längskeilverbindung, eine lösbare, kraftschlüssige Verbindung. Sie wird zur Verbindung von Riemenscheiben, Schwungrädern, Hebeln u. a. auf Wellen benutzt. Bei dieser Verbindung entsteht auf dem Keilrücken, der eine Neigung von 1:100 besitzt, eine Pressung. Diese ist zur Sicherung der relativen Lage von Nabe und Welle erforderlich. Nachteilig ist die beim Verkeilen entstehende Exzentrizität der Nabe zur Welle. Zur Herstellung dieser Verbindung können die Einlegekeile (Aussparung in der Welle) und die Treibkeile mit und ohne Nase (→ Längskeil) benutzt werden.

Längsriß, → Liniensriß.

Längsschnitt, ein ebener Schnitt durch einen Körper in der Längsrichtung bzw. zeichnerische Darstellung der Schnittfläche.

Längswellen, elektromagnetische Wellen im allgemeinen mit einer Frequenz von weniger als 100 kHz, das entspricht einer Wellenlänge von mehr als 3 km. Mit großen Senderleistungen und speziellen Antennen lassen sich durch L. große Entfernungen überbrücken. L. werden vorwiegend für kommerzielle Nachrichtenzwecke benutzt.

Längsverband, eine Konstruktion zur Aufnahme der Windkräfte in Längsrichtung des Bauwerkes. Beim Dach sichert er die Unverschieblichkeit der Dachkonstruktion in der Längsrichtung. Der L. besteht beim Sparren- und Kehlbalkeindach ohne Stuhl aus unter die Sparren genagelten Windrispen, beim Pfettendach aus Kopfbändern zwischen Stuhlsäule und Pfette, beim Hallendach aus zwischen die Binder eingezogenen horizontalen Kreuzstreben aus Profilstahl. Unterschied: → Querverband.

Längswandbauweise, → Bauweise.

Langwellen, elektromagnetische Wellen, im weiteren Sinne mit einem Frequenzbereich von 30 bis 300 kHz, das entspricht einer Wellenlänge von 1 bis 10 km. Im engeren Sinne versteht man unter dem Langwellenbereich für Rundfunkzwecke die Frequenzen zwischen 150 und 300 kHz (Wellenlänge 1 bis 2 km). Die L. werden für kommerzielle Belange und Rundfunkzwecke, vorwiegend innerhalb eines Kontinents, angewendet.

Lanolin, gereinigtes Wollfett, eine gelbliche, salbenartige Masse, die durch Waschen der Schafwolle und Reinigung des dabei erhaltenen Rohwollfettes (Wollwachs) gewonnen wird. L. wird als Salbengrundlage, Fettungsmittel für Textil- und Lederwaren sowie als Rostschutzmittel verwendet.

Lanthan, Symbol La, chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, Seltenerdmetall, Schwermetall, Ordnungszahl 57, Massenzahlen der Isotope 139 und 138, schwach radioaktiv, Halbwertszeit 1,1 · 10¹¹ Jahre, Atomgewicht 138,91 (bezogen auf ¹²C), Wertigkeit III, D. 6,174 g cm⁻³, F. 920 °C, Kp. 4515 °C. An L. schließt sich die Gruppe der Lanthanide an. L. ist hellgrau, läuft an der Luft durch Oxydation jedoch sofort an. Sein Oxid, La₂O₃, hat von allen Seltenerden die stärksten basischen Eigenschaften. Es kommt in Form von Verbindungen zusammen mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Man verwendet L. hauptsächlich in Form von → Zer-Mischmetall, in geringem Umfange auch zur Reduktion.

Lanthanide, zusammenfassende Bezeichnung für die auf das Lanthan folgenden → Seltenerdmetalle.

Laparoskop, ein → Endoskop.

Lapislazuli, ein → Feldspatvertreter.

Laplace'sche Differentialgleichung, **Potentialgleichung**, eine partielle Differentialgleichung 2. Ordnung. Sie hat für Funktionen zweier Veränderlicher (in der Ebene) die Form

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

für die gesuchte Funktion $u(x, y)$; für Funktionen dreier Veränderlicher (im Raum) ist sie von der Form

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0, \text{ wobei } u(x, y, z)$$

die zu bestimmende Funktion ist. Die Lösungsfunktionen einer L.n D. nennt man **Laplace'sche**, **harmonische** oder **Potentialfunktionen**, während man (im Falle dreier unabhängiger Variabler)

den linearen Differentialoperator $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ als **Laplace'schen Operator** bezeichnet. Er ordnet einer Funktion $u(x, y, z)$ die Funktion

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \text{ zu. Die L.D. hat dann die Gestalt } \Delta u = 0. \text{ Ist allgemein } \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Laplace-Transformation

eine Funktion von n Veränderlichen, so ist

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2^2} + \dots + \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_n^2}.$$

Die L. D. spielt besonders in Physik und Technik eine große Rolle, da viele Aufgaben aus diesen Gebieten auf die Lösung einer solchen Gleichung führen.

Laplace-Transformation, eine Funktionaltransformation, die zusammen mit ihrer Umkehrung bei der Lösung von Differentialgleichungen verwendet wird. Sie ordnet einer Funktion $f(t)$ der (reellen) Variablen t die **Laplace-Transformierte** oder **Unterfunktion** $\varphi(x) = \int_0^\infty f(t)e^{-xt}dt$

der unabhängigen Variablen x zu. Unter gewissen Bedingungen ist die L.-T. umkehrbar. Viele Aufgaben der mathematischen Physik und der Technik werden mit Hilfe von L.-T.en gelöst.

Läppen, ein spannendes Feinbearbeitungsverfahren mit lösem, in einer Paste oder Flüssigkeit verteiltem Korn, dem Läppgemisch. Dieses wird auf einem formübertragenden starren Werkzeug aufgetragen oder ständig zugeführt. Das L. ist das z. Z. genaueste Fertigungsverfahren. Bei der Läppbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück führen die Läppkörner ungeordnete Trennbewegungen am Werkstück durch, so daß bei ständigen Überlagerungen dieser Bewegungen sehr glatte Oberflächen mit Rautiefen bis $0,1\text{ }\mu\text{m}$ (Mikrometer) entstehen können.

Das Läppgemisch besteht aus dem Läppkorn und einer tragenden Flüssigkeit. Als Läppkorn werden verwendet feinste Schleifkörner (Elektrokorn, Siliziumkarbid, Borkarbid, Chromoxid, Eisenoxid, Bimsstein), als Flüssigkeit Öl, Petroleum, Terpentin, Talg, Benzin, Benzol, Alkohol, Sodawasser oder auch einfaches Wasser.

Man unterscheidet **Außenrundläppen** mit Flächenberührung oder mit Linienberührung, **Innenrundläppen**, **Kugelläppen**, **Flachläppen** und **Planparallelläppen**. Als Werkzeuge für die Bearbeitung von ebenen Flächen werden Läppplatten oder Läppscheiben und für die Bearbeitung von Bohrungen und Außenzylindern Läppdorne oder Läpphülsen verwendet. Entsprechend den verschiedenen Werkstückformen sind verschiedene Läppmaschinen entwickelt worden, z. B. Ein- und Zweischeiben-Läppmaschinen, Innenrund- und Sonderläppmaschinen.

Lärmbekämpfung, alle Maßnahmen zum Schutze des Menschen vor gesundheitsschädigenden oder belästigenden Schalleinwirkungen. Grundlage für die L. sind gesetzliche Festlegungen für Grenzwerte, die von den Schalldruckpegeln nicht überschritten werden dürfen. Diese Werte sind an den Aufenthaltsorten des Menschen (z. B. Wohnung, Arbeitsplatz) in Abhängigkeit von den äußeren Bedingungen verschieden. Die Grenzwerte werden entweder als AI-bewertete \rightarrow Schalldruckpegel oder als \rightarrow Lärmbewertungszahlen angegeben.

Man unterscheidet zwischen aktiven und passiven Maßnahmen der L. Bei **aktiven Maßnahmen** wird die Erzeugung der Geräusche unmittelbar am Entstehungsort vermindert (z. B. lärmarme Konstruktionen von Maschinen). **Passive Maßnahmen** bestehen in der Minderung der vom Entstehungsort zu anderen Orten übertragenen Schallenergie durch Schalldämmung (z. B. Fundamentierung und Kapselung von Maschinen, Schalldämpfer) sowie durch \rightarrow Schallabsorption in der Nähe der Schallquelle oder am zu schützenden Ort. Während durch Schalldämmung eine sehr starke Minderung der Schalldruckpegel erzielt werden kann, lassen sich diese durch Schallabsorptionsmaßnahmen im allgemeinen höchstens um etwa 10 Dezibel, d. h. bis zur Halbierung der

Lautheit, absenken. Befinden sich Schallquelle und zu schützender Ort innerhalb eines Raumes, so erreicht man gute Verbesserungen durch Schallschirme, besonders wenn der Raum absorbierend ausgekleidet ist. Lassen sich die Schalldruckpegel am Aufenthaltsort von Menschen nicht unter die Grenzwerte absenken, so müssen die betroffenen Personen durch persönliche Gehörschutzmittel (Helme, Kappen, Pfropfen) vor Gesundheitsschädigungen geschützt werden.

Lit. Hartig: L. in der Industrie (2. Aufl. Berlin 1987).

Lärmbewertungszahl, eine charakteristische Größe für \rightarrow Schalldruckpegel hinsichtlich ihrer Gehörschädlichkeit für Menschen (\rightarrow Lärmbekämpfung). Die L. wird mit dem Buchstaben N und einer angefügten Zahl angegeben; sie ist die Bezeichnung der Grenzkurve, die von den Schalldruckpegeln eines Geräusches, gemessen in Oktavbandbreite, gerade noch nicht überschritten wird. L.en sind im Bereich N 75 bis N 125 in Stufen von 5 festgelegt. Bei einer Einwirkungszeit breitbandiger Geräusche von mehr als 2 Stunden während eines Arbeitstages muß die L. unterhalb N 85 liegen.

Lit. TGL 10687 Bauphysikalische Schutzmaßnahmen, Schallschutz.

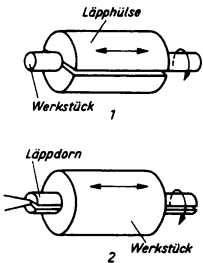
Larmor-Präzession, die von dem englischen Physiker Larmor entdeckte Präzessionsbewegung, die ein atomarer magnetischer Dipol (das magnetische Moment eines Kernes, eines Elektronenspins oder auch der Elektronenhülle eines Atoms) in einem konstanten Magnetfeld um die Feldrichtung herum ausführt. Diese Bewegung ist ähnlich der Präzession eines mechanischen Kreisel. Die Präzessionsfrequenz heißt **Larmor-Frequenz**, sie ist gegeben durch $\omega_L = \gamma\Phi$, wobei γ das gyromagnetische (kreiselmagnetische) Verhältnis des betreffenden magnetischen Dipols und Φ die Feldstärke ist. Die L.-P. ist wichtig für das Verhalten von Atomen und Kernen in Magnetfeldern, z. B. bei der kernmagnetischen und der paramagnetischen Resonanz.

Laryngoskop, ein \rightarrow Endoskop.

Lasche, 1) ein langes, an den Enden abgerundetes, flaches Verbindungsstück mit zwei Bohrungen, z. B. beim Hakengeschirr eines Flaschenzuges.

2) Teil der Gelenkkette zur Verbindung der Kettenbolzen, z. B. bei der Fahrradkette.

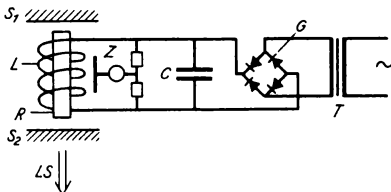
Laser (Tafel 53) [Abk. für amerikanisch Light Amplifier by Stimulated Emission of Radiation 'Lichtverstärker durch angeregte Strahlungsaussendung'], **Lichtverstärker**, **optischer Maser**, ein quantenmechanischer Verstärker für den Lichtwellenbereich (im Unterschied zum \rightarrow Maser als quantenmechanischem Verstärker für den Mikrowellenbereich). L. sind intensiv strahlende, monochromatische Lichtquellen, deren Lichtemission im Gegensatz zu den gewöhnlichen Lichtquellen auf dem Prozeß der induzierten Emission beruht. Bei der Wechselwirkung zwischen Materie und Strahlung unterscheidet man unter anderem zwischen dem Prozeß der induzierten Absorption, der induzierten Emission und der spontanen Emission. Bei der **induzierten Absorption** (im allgemeinen nur kurz Absorption genannt) absorbiert ein System Energie aus einem äußeren Strahlungsfeld und geht dadurch in einen Zustand höherer Energie über. Das angeregte System kann andererseits gezwungen werden, seine gespeicherten Energiebeiträge wieder in Form von Strahlungsquanten durch Einwirkung eines äußeren Strahlungsfeldes abzugeben; dies ist der Prozeß der **induzierten Emission**. Die Energieabstrahlung eines angeregten Systems ohne Einwirkung eines äußeren Strahlungsfeldes wird **spontane Emission** genannt. Bei den meisten Lichtquellen ist der Anteil der spontanen Emission im ultravioletten und sichtbaren Wel-



Läppen: 1. Außenrundläppen mit Flächenberührung, 2. Innenrundläppen

lenlängengebiet sehr viel größer als der Anteil der induzierten Emission an der Gesamtstrahlung. Bei den Laserlichtquellen überwiegt dagegen die induzierte Emission. Befindet sich eine genügend große Anzahl von Atomen oder Molekülen eines Systems in einem bestimmten, energetisch höheren Zustand, so kann der Prozeß der induzierten Emission gegenüber der induzierten Absorption bevorzugt werden, und es tritt eine phasenrichtige, lawinenartige Vervielfachung der in das System von außen einfallenden Lichtquanten ein. Läßt man die Wechselwirkung zwischen der induzierenden Strahlung und dem angeregten System relativ lange dauern, z. B. dadurch, daß man das angeregte Medium zwischen planparallele Spiegel einschließt, so wird die auftretende induzierte Strahlung mehrfach zwischen den Spiegeln hin und her reflektiert, und es tritt eine Resonanzverstärkung des Lichtes ein. Die ausgesandte Strahlung ist dabei intensiv monochromatisch, kohärent und außerdem scharf gebündelt, da nur die in Richtung der Spiegelnormalen laufenden Lichtwellen lange Zeit im System bleiben, während die anderen unter einem Winkel zur Spiegelnormalen laufenden Lichtwellen das System schnell verlassen.

Nach dem verwendeten aktiven Medium, dem **Lasermedium**, unterscheidet man Festkörperlaser, Flüssigkeitslaser und Gaslaser. 1) Bei einem optisch angeregten **Festkörperlaser** (Abb. 1) befindet sich ein zylindrischer Laserresonator (Laserstab) R im Inneren einer gewendelten Hochleistungslampe L , deren Strahlung den Laserresonator anregt. Die Lampe wird zur Erzeugung der notwendigen hohen Leistung im Impuls betrieben, und zwar wird die elektrische Energie einem Hochspannungskondensator C entnommen. Dieser wird über den Transformator T und den Gleichrichter G gespeist. Die Zündung der Lampe erfolgt mit dem Zündgerät Z . Die im Resonator entstehende induzierte Strahlung wird zwischen den Spiegeln S_1 und S_2 reflektiert und verstärkt, wobei ein Teil der Laserstrahlung LS das System durch den halbdurchlässigen Spiegel S_2 verlassen kann. Oft werden die Spiegel S_1 und S_2 durch Verspiegelungen der Endflächen des Laserresonators ersetzt. Als Festkörperlaser



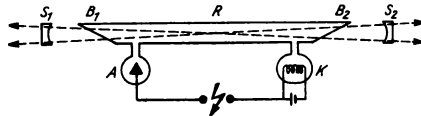
1 Aufbau eines optisch angeregten Festkörperlasers

werden häufig **Rubinstäbe** aus Rubinkristall (Korund mit Chromionen dotiert) und **Neodymglasstäbe** (Glas mit Neodym dotiert) benutzt. Die üblichen **Rubinstäbe** emittieren rotes Licht bei der Wellenlänge 694,3 nm, die **Neodymglaslaser** infrarotes Licht bei 1064 nm. Eine besondere Form des Festkörperlasers ist der **Halbleiterlaser** oder **Diodenlaser**, bei dem die Laserstrahlung durch direkten Stromdurchgang in der Diode entsteht.

2) **Flüssigkeitslaser** bestehen aus zweckmäßig geformten Küvetten, die als aktive Substanz Chelate in Lösungen bei tiefen Temperaturen enthalten. Besonders geeignet ist Europiumchelate. Flüssigkeitslaser werden ähnlich wie die Festkörperlaser optisch angeregt.

3) Für **Gaslaser** eignen sich eine ganze Reihe von Gasen, Gasgemischen oder Dämpfen. Die Wellenlängen liegen zwischen 300 nm und

10000 nm. Die gebräuchlichsten Lasergase sind Neon, Helium, Argon, Stickstoff und Wasserdampf. Abb. 2 zeigt den Aufbau eines Helium-Neon-Gaslaser. Zwischen zwei fast vollständig reflektierenden Hohlspiegeln S_1 und S_2 , deren Brennpunkte ungefähr im Punkte R zusammenfallen, befindet sich ein Gasentladungsrohr aus Quarz- oder Hartglas. Die Stirnflächen des Entladungsrohres sind mit schrägen Planfenstern B_1 und B_2 , den Brewster-Fenstern, abgeschlossen. Die Fensterplatten erlauben für eine Polarisationsrichtung des Lichtes einen verlustfreien Durchgang des Laserlichtes. Das Entladungsrohr (Durchmesser 1 bis 10 mm, Länge 10 bis 200 cm) ist mit einem Helium-Neon-Gasgemisch (7:1) mit einem Gesamtdruck von etwa 1 Torr gefüllt. Durch eine zwischen Anode A und Katode K gelegte Hochspannung (etwa 1000 bis 10000 Volt) kann das Gasgemisch zum Leuchten gebracht werden. Bei exakter Justierung der Spiegel tritt in Richtung der Rohrachse Laserverstärkung des Lichtes ein, und die intensiven, schwach divergenten Laserstrahlen treten durch die geringfügig durchlässigen Reflexionspiegel (Durchlässigkeit 0,2 bis 1 %) aus. Je nach den spektralen Reflexionseigenschaften der Spiegel liegt die Wellenlänge des Laserlichtes im roten (632,8 nm) oder infraroten Spektralbereich (1150 bzw. 3390 nm).



2 Aufbau eines Helium-Neon-Gaslaser

Der Lasereffekt wird vielseitig angewendet, wobei die hohe Strahlungsintensität, die Monochromasie und die Lichtbündelung ausgenutzt werden. Mit Mikroobjektiven kann die Laserstrahlung wegen ihrer Kohärenz auf kleine Flächen mit 1 bis 100 μm konzentriert werden; dabei werden außerordentlich hohe Bestrahlungsstärken von 10^{10} W/cm^2 und mehr erzeugt, die zur Verdampfung selbst sehr schwer schmelzender Materialien führen. Andererseits können Laserstrahlen, die an sich schon eine geringe Strahldivergenz von weniger als 1° besitzen, mit einfachen Abbildungssystemen fast streng parallel gerichtet werden. Im kosmischen Raum, in dem nur geringe Lichtabsorption zu erwarten ist, können parallele Laserstrahlen weite Entfernungen überbrücken. Parallele Laserbündel werden zur Entfernungsmessung (**Laserradar**) verwendet. Die hohe Trägerfrequenz der sichtbaren Laserstrahlen und deren geringe spektrale Bandbreite im Zusammenhang mit der Parallelität der Strahlen ermöglichen die Ausnutzung des Lasereffektes für die Nachrichtenübermittlung.

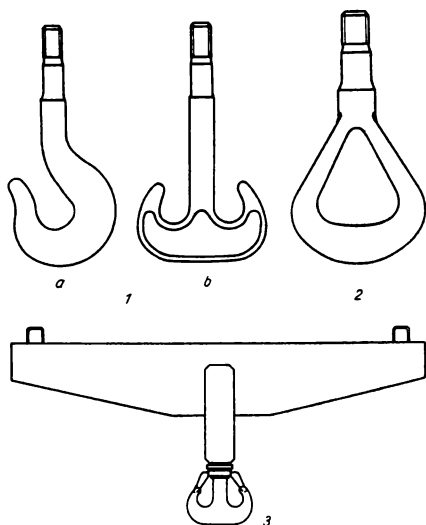
Lit. Brotherton: Maser und L., Grundlagen, Funktionsweisen, Anwendungen (dtsch. Frankfurt/M. 1960); Döring: Theorie und Anwendung des L. (Köln u. Opladen 1965); Klinger: L., Erzeugung und Anwendung kohärenten Lichts (2. Aufl. Stuttgart 1965); Mollwo u. Wittich Kaul: Maser und L. (Mannheim 1966); Röss: L., Lichtverstärker und -oszillatoren (Frankfurt/M. 1966).

Laserglas, \rightarrow Glas.

Lastaufnahme-mittel, in der Fördertechnik Mittel zur Aufnahme von Lasten durch Unstetigförderer. Die Befestigung der Lasten an den L.n erfolgt mittels \rightarrow Anschlagmitteln. Man unterscheidet L., die die Lasten direkt aufnehmen können und am Fördermittel verbleiben, und L., die zur Bildung von Ladungseinheiten aus mehreren Einzellasten geeignet sind. Der **Lasthaken** ist ein Haken (je nach Tragkraft ein Einfachhaken oder ein Doppelhaken), an den Lasten mit An-

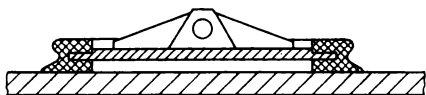
Lastenhebemagnet

schlagmitteln angehängt werden können. Der **Schäkel** ist ein dreieckiger Körper mit lichtigem Querschnitt. Er wird aus einem Stück hergestellt oder aus drei kurzen Balken mit Bohrungen an den Enden gelenkig zusammengesetzt. Die Anschlagmittel werden durch den Schäkel hindurchgezogen. Das → **Hakengeschirr** und die → **Hakenflasche** sind L. für Hebezeuge. Die **Traverse** ist ein Tragbalken, an dem sperrige Lasten mit



Lastaufnahmemittel: 1 Lasthaken: a Einfachhaken, b Doppelhaken; 2 Schäkel; 3 Traverse

Anschlagmitteln befestigt werden können. **Gehänge** sind speziell den Abmessungen der Lasten angepaßt L., auf die die Lasten direkt aufgegeben werden. **Zangen, Greifzeuge und Klemmen** können die Lasten ebenfalls direkt aufnehmen und werden ebenfalls den Formen der Lasten angepaßt, z. B. Zangen für Rundhölzer, Blechklemmen. **Kübel** sind nach oben offene Gefäße zum Aufnehmen von Schüttgütern. Die Kübel werden entweder starr um eine Achse kippbar (Kippkübel) oder aufklappbar (Klappkübel) ausgebildet. Kübel nehmen die Lasten nicht selbsttätig auf im Gegensatz zu den → **Greifern**. Der → **Lastenhebemagnet** dient zum Heben von Lasten aus Eisen. **Pneumatische L. (Vakuumheber)** nehmen Tafeln aus Blech, Glas, Beton u. a. mittels Saugnapfen auf, die unter Unterdruck gesetzt werden. Zur Ladungsbildung geeignet sind die meist aus Holzbalken und Brettern hergestellten **Stapelplatten** oder **Paletten** mit



Saugnapf eines Vakuumhebers

standardisierten Abmessungen. Die **Stapelplatten** haben eine ebene Ladefläche und können von Flurförderern unterfahren und transportiert werden. Im Unterschied zu den Paletten sind die **Ladepritschen** mit Füßen oder mit Kufen ausgerüstet, die eine größere Bodenfreiheit ergeben. Zu diesen L. zur Ladungsbildung gehören auch kleinere **Behälter** und **Kästen** sowie **Verkehrsbehälter** und **Container** mit Tragkräften bis zu 5 Mp (Megapond).

Lastenhebemagnet, ein Lastaufnahmemittel zum Heben von Lasten aus Eisen. In eine große

eiserne Platte sind Spulen eingebettet, die zum Schutz gegen mechanische Verletzungen durch eine Bronzeplatte abgedeckt sind. Beim Einschalten des elektrischen Stromes entsteht in den Wicklungen ein magnetisches Feld, das die Last anzieht und festhält. Beim Abschalten des Stromes fällt die Last herunter. Die Tragkraft beträgt bis 30 Mp (für massive Eisenblöcke glatter Form). Eisen mit mehr als 7 % Mangangehalt oder 400 °C Temperatur (→ Curiepunkt) wird vom Magneten nicht mehr angenommen. Man verwendet L.e hauptsächlich zum Verladen von Schrott.

Lasthaken, ein → Lastaufnahmemittel.

Lastkraftwagen (Tafel 2), abg. LKW, ein → Kraftwagen zur Beförderung von Lasten. L. bis zu 1 Mp Tragfähigkeit werden als Kleintransporter oder Lieferwagen bezeichnet und z. T. als Dreiradwagen gebaut. Schwere L. haben als 2- oder 3-Achser im allgemeinen eine Nutzmasse bis 1200 kg, für Sonderzwecke auch mehr (der z. Z. größte L., der französische „berliet T 100“, hat eine Nutzmasse von 100 000 kg; er ist speziell für Transporte in der Sahara bestimmt). Schwere L. werden oft mit Anhängern als Lastzug betrieben oder bestehen als Sattelzug aus → Sattelschlepper und Sattelanhängern (Auflieger). Der Antrieb erfolgt bei leichten L. bis 2000 kg Nutzmasse durch Otto- oder Dieselmotoren, bei schweren L. durch Dieselmotoren oder auch Gasturbinen. Leichte L. mit begrenztem Aktionsradius (z. B. L. der Post) sind manchmal mit Elektromotor (Stromentnahme aus Batterie) ausgerüstet (→ Elektrostraßenfahrzeug).

Die gebräuchlichste Aufbauform von L. ist die z. T. kippbar (→ Kipper) angeordnete Pritsche, eine von herunterklappbaren Bordwänden umschlossene Ladefläche, die durch eine über Spriegel gelegte Plane vor Witterungseinflüssen geschützt werden kann. Ein fester, allseitig geschlossener, kastenförmiger Aufbau mit Türanordnung in der Rückwand, z. T. zusätzlich in der Seitenwand, wird als **Kofferaufbau** bezeichnet. Daneben gibt es eine Vielzahl von Sonderaufbauten, z. B. Aufbauten für Feuerwehr- und Tankfahrzeuge, Kühl-, Möbel- und Ausstellungswagen.

Lit. Witt: L. (Berlin 1967); → Kraftwagen.

Lasurit, ein → Feldspatvertreter.

latent, verborgen, gebunden. 1) **Latente Wärme**, ältere Bezeichnung für → Umwandlungswärme. 2) **Latentes Bild**, das durch Belichtung auf einer lichtempfindlichen Schicht erzeugt, aber erst durch den Entwicklungsprozeß sichtbar werdende Bild, → Photographie.

Lateralsekretion, Ausscheidung und Konzentration von lösungsfähigen Mineralstoffen, die im Nebengestein verstreut vorhanden waren, in Hohlräumen des Gesteins, z. B. in Gängen, Linsen, Poren. → Sekretion.

Laterilvergrößerung, → Abbildung 2).

Laterologverfahren, → Bohrlochmessungen.

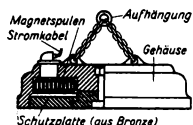
Latex m, im engeren Sinne der milchähnliche Saft der Kautschukpflanzen (→ Kautschuk); im weiteren Sinne auch die wäßrige Dispersion von Synthesekautschuk und anderen Polymerisaten. Beispielsweise ist L. aus Polyvinylacetat ein schnell trocknender, nicht wasserlöslicher Anstrich für Holz und Mauerwerk.

Läufer, 1) bewegliches Maschinenteil, z. B. umlaufender Teil einer Dampfturbine, eines Generators oder eines Elektromotors (→ Rotor).

2) der Läuferstein, → Mauerwerk.

Läufferrute, svw. → Mäklär.

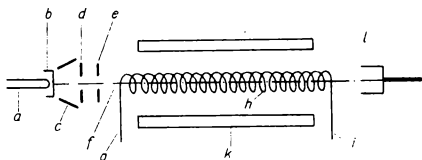
Lauffeldröhre, eine Laufzeitröhre, bei der ein Elektronenstrahl mit einem in gleicher Richtung fortschreitenden Hochfrequenzfeld in Wechselwirkung steht. Da eine Energieabgabe der Strömung an das Hochfrequenzfeld, die zu einer Verstärkung des Feldes führt, nur möglich ist, wenn



Lastenhebemagnet

Elektronen und Welle in gleicher Richtung mit nahezu der gleichen Geschwindigkeit fortschreiten, läßt man das Hochfrequenzfeld, das sich im freien Raum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet, an einer Verzögerungsleitung entlanglaufen. Dadurch wird die Phasengeschwindigkeit der Welle längs der Wendelachse auf $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{100}$ der Lichtgeschwindigkeit herabgesetzt.

Bei der **Wanderfeldröhre** (Abb.) dient als Verzögerungsleitung eine Drahtwendel. Zur Bündelung und Führung des Elektronenstrahls durch diese Wendel dienen eine Fokussierelektrode und ein konstantes Magnetfeld in Achsrichtung des Strahles, das aber für den Verstärkungsvorgang bedeutungslos ist. Die Geschwindigkeit des Hochfrequenzfeldes in Richtung der Spiralenachse muß etwas geringer als die des Elektronenstrahls sein. Ein in die Spirale eintretendes Elektron hätte also bei seinem Lauf immer denselben Teil des Wanderfeldes um sich, wenn es nicht dabei durch das Feld beschleunigt oder gebremst



Wanderfeldröhre (schematisch). a Heizer, b Katode, c Fokussierelektrode, d Anode 1, e Anode 2, f Elektronenstrahl, g Hochfrequenz Eingang (Einkopplung), h Drahtwendel, i Hochfrequenz Ausgang (Auskopplung), k Magnetspule, l Kollektor

würde. Hierdurch entsteht aber, ähnlich wie beim Klystron (\rightarrow Triftröhre), ein dichtesteuerter Elektronenstrom. Diese fortschreitende Raumladung von ungleichmäßiger Dichte führt dann selbst ein Wanderfeld mit sich, das nun seinerseits in verstärkendem Sinn auf den ursprünglichen, inzwischen mitgelaufenen Stromspannungszustand auf der Spirale einwirkt usw. Mit dieser Einwirkung ist eine Energieabgabe an das Wanderfeld verbunden, d. h. eine Umwandlung von Gleichstrom- in Hochfrequenzenergie. Die so erzielte Leistungsverstärkung bei der Wanderfeldröhre beträgt bis zum 100 000fachen. Die Auskopplung der verstärkten Hochfrequenzsignale erfolgt entsprechend der Einkopplung; die Ausgangsleistung beträgt bis zu 25 W, bei Spezialtypen bis 1 MW Impulsleistung. Wanderfeldröhren können bei gutem Wirkungsgrad als Breitbandverstärker bis zu 50 GHz (0,6 mm), aber auch als Schwingungserzeuger, ferner zur Modulation und Demodulation sowie zur Frequenzvervielfachung, besonders für den Zentimeterwellenbereich, dienen. Wanderfeldröhren werden in der Richtfunktechnik verwendet.

Eine Variante der Wanderfeldröhre ist die **Rückwärtswellenröhre** (Carcinotron O), bei der auf der Verzögerungsleitung eine Teilwelle des Hochfrequenzfeldes mit nahezu gleicher Geschwindigkeit wie der Elektronenstrahl, aber in entgegengesetzter Richtung geführt wird, so daß die durch die Wechselwirkung gewonnene Energie an den Eingang abgegeben wird, wodurch sich hochfrequente Schwingungen erregen. Da die Frequenz der selbsterregten Schwingung nicht von einem Resonanzkreis bestimmt wird, sondern von der optimalen Wechselwirkung zwischen Elektronenstrahl und Hochfrequenzfeld abhängt, kann durch Änderung der Beschleunigungsspannung die Frequenz innerhalb eines Bereiches von etwa einer Oktave kontinuierlich eingestellt werden. Ein kompletter **Rückwärtswellenoszillator** besteht aus der Rückwärtswellenröhre und dem Magnetsystem für die Fokussierung des Elektronenstrahles. Rückwärts-

wellenröhren dienen zur Erzeugung von Zentimeter- und Millimeterwellen kleiner Leistung.

Bei den **Elektronenwellenröhren** ist die materielle Verzögerungsleitung der Wanderfeldröhre durch einen zweiten Elektronenstrahl ersetzt. Mit diesen L.n kann eine bis zu 100 000fache Leistungsverstärkung in einem breiten Frequenzbereich erzielt werden, jedoch nur mit kleinem Wirkungsgrad (etwa 1 %) und hohem Rauschen. Daher werden sie in der Praxis nicht angewendet.

Die **Magnetfeldröhren** enthalten zusätzlich noch ein konstantes Magnetfeld, dessen Feldlinien senkrecht zum Elektronenstrahl und senkrecht zu den elektrischen Feldlinien verlaufen. Der Einfluß beider Felder ist für die Elektronenbewegung und für den Energieaustausch zwischen dem Elektronenstrahl und dem Hochfrequenzfeld wesentlich. Zu den Magnetfeldröhren gehören die **Wanderfeld-Magnetfeldröhre**, die **Elektronenwellen-Magnetfeldröhre** und die **Rückwärtswellen-Magnetfeldröhre** (Carcinotron M). Spezielle Bauformen der Wanderfeld-Magnetfeldröhre sind das \rightarrow Amplitron und das \rightarrow Magnetron. Die Rückwärtswellen-Magnetfeldröhre hat gegenüber der gewöhnlichen Rückwärtswellenröhre einen rund zehnfach höheren Wirkungsgrad. Sie wird als Höchstfrequenzoszillator verwendet.

Lit. Megla: Dezimeterwellentechnik (5. Aufl. Berlin 1961).

Laufkatze, ein Fahrgestell mit einer Hubeinrichtung. Die L. ist auf zwei Schienen (z. B. einer Kranbrücke), einer Schiene oder einem oder mehreren Drahtseilen verfahrbar und wird durch eigenen Fahrtrieb oder durch ein Zugseil bewegt. Normale L.n für Brückenkranverfahren auf zwei Schienen und haben auf dem Rahmen des Fahrgestelles eine oder zwei fest montierte \rightarrow Winden unterschiedlicher Tragkraft (Haupt- und Hilfschub) für Hakenbetrieb. **Greiferlaufkatzen** sind mit Greiferwindwerken ausgerüstet, bei **Drehlaufkatzen** ist die Hubeinrichtung drehbar ausgeführt und besteht aus einer Winde mit einer Traverse als Lastaufnahmemittel, einem Greiferwindwerk oder einem am Fahrgestell angehängten Drehkran. **Einschielenlaufkatzen** für Hängekrane oder Hängebahnen haben als Hubeinrichtungen Elektroflaschenzüge oder Greiferwindwerke. **Seilzugkatzen** mit Schienen als Fahrbahn (z. B. von Turmdrehkränen oder Hängebahnen) und **Seillaufkatzen** mit Drahtseilen als Fahrbahn (z. B. von Kabelkränen) werden durch Zugseile verfahren und haben keine auf der L. fest montierte Hubeinrichtung. Hubwindwerke und Fahrwindwerke sind ortsfest aufgestellt, die Fahrseile am Rahmen befestigt und die Hubseile über Seilrollen durch die L. hindurchgeführt. **Vorschubkatzen** für Schaufelradbagger dienen zum Verschieben, Heben und Senken des Schaufelradauslegers.

Lauftrad, 1) bei Strömungsmaschinen der Teil, in dem die Energie durch Dralländerung vom strömenden Medium auf die umlaufende Welle (bei Turbinen) oder umgekehrt von der Welle auf das Medium (bei Pumpen und Verdichtern) übertragen wird. Das L. besteht meist aus einer kreisförmigen Tragscheibe mit daran befestigten \rightarrow Schaufeln.

2) bei Lokomotiven und Triebwagen ein Rad, das nur zum Tragen der Masse und zum sicheren Führen, jedoch nicht zum Antrieb bestimmt ist. **Laufschrift**, elektrische Leuchtschrift, die auf einer langgestreckten, mit einem dichten Raster von Glühlampen besetzten Tafel erscheint. An jeder Stelle dieses Rasters läßt sich durch Aufleuchten einer entsprechenden Glühlampenkombination jeder Buchstabe darstellen. Die Buchstaben erscheinen am rechten und laufen durch den Glühlampenraster bis zum linken Rand der Tafel. Dadurch entsteht eine von rechts nach links laufende Schrift, die vom Be-

schauer bequem von links nach rechts abzulesen ist. Die Steuerung erfolgt über einen dem Aufbau des Glühlampennasters entsprechenden, aber stark verkleinerten Kontakttraster, in dem an Stelle der Glühlampen federnde Kontakte zum Schalten der betreffenden Lampen angebracht sind. Über diesen Kontakttraster läuft ein mechanisch bewegtes Band, das die vorgesehene Schrift in erhabenen Buchstaben trägt. Diese Buchstaben drücken die Federkontakte, über die sie gerade gleiten, herunter und lassen so die entsprechenden Lampen aufleuchten.

Laufzeit, die Zeit für die Fortpflanzung einer Schwingung auf einem Übertragungsweg. Von **Phasenlaufzeit** spricht man bei einer Sinusschwingung, dagegen benutzt man die **Gruppenlaufzeit** für ein Frequenzgemisch. Mit Gruppenlaufzeit pflegt man immer dann zu rechnen, wenn die Phasenlaufzeit eines Systems (Vierpol, Leitung u. dgl.) über der Frequenz nicht konstant ist. Die L. elektrischer Schwingungen im Vakuum über 300 km beträgt 1 ms (Millisekunde); die L. über der gleichen Entfernung auf Koaxialkabeln ist 1,04 ms, auf symmetrischen Trägerfrequenzkabeln 1,5 ms, auf bespulten Leitungen dagegen 15 ms.

Laufzeitröhre, eine Elektronenröhre zur Erzeugung und Verstärkung sehr hoher Frequenzen (Dezimeter-, Zentimeter- und Millimeterwellen), die auf dem Prinzip der Geschwindigkeitssteuerung beruht. Bei der L. ist die Laufzeit der Elektronen zwischen der Kathode und den einzelnen Elektroden für die Funktion maßgebend, im Gegensatz zu den üblichen Verstärkerröhren, bei denen die Elektronenlaufzeit selbst bei kleinsten Elektrodenabständen die Verstärkung bei hohen Frequenzen begrenzt. Da die Laufzeit der Elektronen in die Größenordnung der Schwingungsdauer der erzeugten oder zu verstärkenden Frequenz kommt, arbeiten gittergesteuerte Verstärkerröhren bei hohen Frequenzen nicht mehr trägeheits- und leistungslos. Eine der ältesten L.n ist die → Bremsfeldröhre. Je nach Wirkungsweise können die heute verwendeten L.n in die zwei großen Gruppen der → Triffröhren und der → Lauffeldröhren eingeordnet werden.

Laug, 1) die wäßrige Lösung von Natriumhydroxid NaOH (Natronlauge) oder von Kaliumhydroxid KOH (Kalilauge). 2) in der Technik eine vor allem bei einer Extraktion anfallende Salzlösung.

Laurylalkohol, ein → Fettalkohol.

Lausan, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Läutern, 1) Aufbereitungsverfahren zum Anreichern von Nutzmaneralen, wobei diese von anhaftenden tonigen Bestandteilen durch Aufschlammung befreit werden.

2) svw. → Raffination.

Lautheit, Zeichen N , die zahlenmäßige Angabe des Lautheitseindrucks des menschlichen Gehörs. Sie ist proportional der subjektiven Größe, wie sie von normal Hörenden bestimmt wird. Die L. wird in Sone angegeben. Die L. eines Geräusches gibt an, um wievielfach lauter ein gleichlauter 1000-Hz-Ton gegenüber einem Bezugston der Frequenz 1000 Hz (Hertz) mit einem → Schalldruckpegel 40 dB (Dezibel) \triangleq 1 sone empfunden wird. Zwischen der L. und dem → Lautstärke-

$$\frac{L_N - 40}{10}$$

pegel L_N besteht die Beziehung $N = 2^{\frac{L_N - 40}{10}}$.

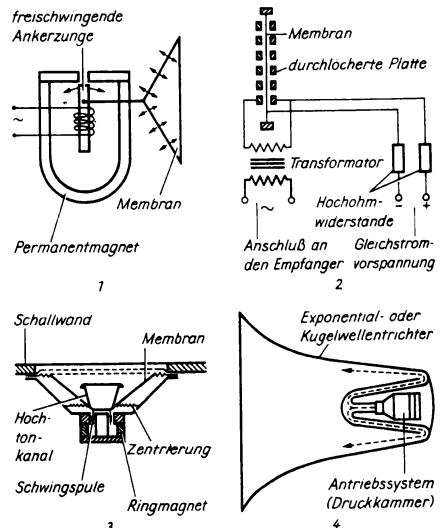
Lautsprecher, ein elektroakustisches Gerät zur Umwandlung niederfrequenter elektrischer Schwingungen (Wechselströme) in akustische der gleichen Frequenz. Die Schwankungen des aus dem Verstärker kommenden Stromes erzeugen auf elektromagnetischem, piezoelektrischem oder elektrostatischem Wege Schwingungen einer Membran, die sich der umgebenden Luft als Schallwellen mitteilen. Die Membran ist gewöhn-

lich ein am Umfang beweglich aufgehängter Konus aus Papier. Die Spitze des Konus ist mit dem Antriebssystem (Anker, Spule) verbunden. Die Forderungen nach naturgetreuer Wiedergabe und gutem Wirkungsgrad erfüllt am besten der **elektrodynamische L.**, bei dem im Luftspalt eines Topf-, Bügel- oder Ringmagnetsystems (meist ein Dauermagnet) eine mit der Membran starr verbundene Spule beweglich angeordnet ist. Die in der Spule fließenden Sprech- oder Musikwechselströme üben auf diese elektromagnetische Kräfte aus, so daß die Spule (Schwing- oder Tauchspule) und die an ihr befestigte Membran dem Wechselstrom entsprechende Schwingungen ausführen, die damit hörbar werden. Wegen der Trägheit der Membran- und Schwingpulsmasse ist der Frequenzbereich beschränkt; bei Breitbandlautsprechern erreicht man etwa 30 bis 12000 Hz, wenn zur Abstrahlung der hohen Frequenzen (5000 bis 12000 Hz) ein zweiter kleiner Konus angebracht ist, oder man verwendet außer einem großen **Tiefenlautsprecher** noch einen zweiten L. mit kleiner Membran und leichter Schwingspule als **Hochtonlautsprecher** (→ Lautsprecherkombination), der zur Erreichung eines besseren Klangeindrucks seitlich strahlen sollte (→ Drei-D-Klang).

In einfachen Geräten benutzte man früher **magnetische L. (Freischwinger)**, bei denen sich zwischen den Polschuhen eines Dauermagneten ein beweglicher Anker und über dem Anker eine Spule befinden, durch die Wechselströme fließen, die der Sprache oder Musik entsprechen. Das infolgedessen im Anker entstehende wechselnde Magnetfeld veranlaßt diesen, Schwingungen auszuführen, die durch einen Stift auf die Membran übertragen werden.

Der **piezoelektrische L. (Kristalllautsprecher)** beruht auf dem Effekt, daß Kristalle beim Anlegen einer elektrischen Spannung Deformationen erleiden (→ Piezoelektrizität). Bei der besonders als Hochtonlautsprecher geeigneten Ausführung werden zwei Kristallplatten mit Belegungen zur Zuführung der Spannung übereinandergelegt und die Deformationen und Schwingungen der Platten auf eine Membran übertragen.

Der **elektrostatische L.** beruht auf der Anziehung zweier elektrisch geladener Flächen, einer



Lautsprecher: 1 magnetischer Lautsprecher, 2 elektrostatischer Lautsprecher, 3 elektrodynamischer Doppelsonuslautsprecher mit Permanentmagnet, 4 Druckkammer-Trichterlautsprecher

Metall- oder metallüberzogenen Kunststoffolienmembran und einer Metallplatte. Der zwischen beiden liegenden Vorspannung (hohe Gleichspannung) werden die Sprechspannungen überlagert und dadurch die Kräfte zwischen den Platten rhythmisch geändert, wodurch die Membran in Schwingungen gerät.

Der **Ionenlautsprecher** enthält keine mechanisch bewegten Bauteile, sondern an Stelle von Membranen werden ionisierte Luftteilchen mit viel geringerer Trägheit in Schwingungen versetzt, wodurch Frequenzen noch oberhalb 20 kHz (Kilohertz) gut, tiefe Frequenzen jedoch gar nicht abgestrahlt werden.

Zur gerichteten Sprachübertragung über größere Entfernungen oder für begrenzte Bereiche (z. B. Bahnsteige) benutzt man in neuester Zeit **Druckkammerlautsprecher** mit Exponential- oder Kugelwellentrichter, weil sie einen wesentlich höheren Wirkungsgrad haben (25 bis 30 % gegenüber 1 bis 3 %). Die Druckkammer besteht aus einem kleinen Hohlraum, der auf einer Seite von der Lautsprechermembran dicht abgeschlossen wird. Auf der der Membran gegenüberliegenden Seite ist ein kleines Loch, das die Aufgabe einer Membran, einer strahlenden Fläche, übernimmt. Da der Trichter zur Abstrahlung tiefer Frequenzen einen sehr großen Durchmesser und damit eine unhandliche Länge von mehreren Metern haben müßte, können die üblichen Druckkammertrichterlautsprecher keine tiefen Frequenzen abstrahlen und sind daher für Musikwiedergabe nicht geeignet.

Lit. → Elektroakustik.

Lautsprecherkombination, eine Zusammenschaltung verschiedener Lautsprecher zur Erzielung einer naturgetreuen Klangwirkung. Bei hochwertigen elektroakustischen Übertragungsanlagen sollen alle Frequenzen zwischen 40 Hz und 20 kHz möglichst unverzerrt wiedergegeben werden. Da dieses breite Frequenzband von keinem Einzellautsprecher optimal abgestrahlt werden kann, schaltet man mehrere Lautsprecher so zusammen, daß von jedem nur ein Teilbereich des Frequenzgebietes abgestrahlt zu werden braucht.

Lautstärkepegel, früher **Lautstärke**, Zeichen L_N , das Vergleichsmaß für die Stärke der Schallempfindung entsprechend dem Pegel eines gleichlaut empfundenen Tones der Frequenz 1000 Hz (Hertz), wenn dieser frontal einfällt und zweiohrig abgehört wird. Der L. wird in Phon angegeben. Der L. eines Tones ist bei gleichbleibender Intensität von der Frequenz abhängig; dies führt zu den Kurven gleicher L. Der L. steht in fester Beziehung zum Lautheitseindruck, der → Lautheit. Die Ermittlung des L.s erfolgt nach TGL 0-1318 (Einheit der Lautstärke) oder TGL 200-7761 (Lautstärkeermittlung aus Schallpegelanalysen). Für Zwecke der Lärmbekämpfung wird an Stelle des L.s der einfacher zu bestimmende impulsbewertete → Schalldruckpegel verwendet, der näherungsweise mit dem L. übereinstimmt.

Laut	Lautstärke in Phon
Hörschwelle	4
Flüstern	20
gedämpfte Unterhaltung	40
lautes Sprechen	60
Schreibmaschine	≈ 65
im Flugzeug	70 ... 80
mittlerer Straßenverkehr	75
Moped	75 ... 90
lauter Straßenlärm	85
Motorrad	100
Flugzeug (in unmittelbarer Nähe)	100 ... 120
schmerzender Lärm	130

Lautstärkeregelung, eine Maßnahme zur Veränderung der Lautstärke elektroakustischer Wiedergabegeräte, z. B. Rundfunkempfänger, Plat-

tenspieler, Tonbandgeräte, Verstärkeranlagen. Die L. erfolgt meistens durch Zwischenschaltung geeigneter Regelglieder, z. B. Potentiometer und Dämpfungsglieder, die nur einen bestimmten Teil der von der vorhergehenden Stufe gelieferten Wechsellspannung an die nachfolgende weitergeben. Zur Vermeidung von Übersteuerungen nimmt man die L. am Eingang des Verstärkers vor.

Bei der **gehörrichtigen L.** werden unter Berücksichtigung der Ohrempfindlichkeit mit abnehmender Lautstärke die tiefen Frequenzen gegenüber den mittleren und hohen angehoben.

Lautverständlichkeit, → Silbenverständlichkeit.

Lava, der bei Vulkanausbrüchen mit Temperaturen von 1000 bis 1300 °C an die Erdoberfläche tretende Gesteinsschmelzfluß. Vom → Magma unterscheidet sich die L. durch weitgehenden Verlust der flüchtigen, gasförmigen Bestandteile. Die L. erstarrt schnell zu blasen- und glasreichem Ergußgestein, das gleichfalls als L. bezeichnet wird. Saure Laven sind zähflüssiger und fließen langsamer als die basischen, die bis zu mehreren Metern in der Sekunde zurücklegen können.

Lavaldüse, eine nach dem schwedischen Ingenieur de Laval benannte Düse mit besonderer Formgebung zur Erzeugung von Gas (Dampf) sehr hoher kinetischer Energie. Strömt ein Gas durch eine einfache Öffnung oder eine sich verjüngende Düse aus einem Raum hohen Drucks in einen Raum niederen Drucks, so kann seine Ausströmungsgeschwindigkeit nicht größer als die seinem Zustand entsprechende Schallgeschwindigkeit werden. Überschallgeschwindigkeit wird nun bei der L. durch bestimmte Formgebung der Düse erreicht, bei der diese einen kleinsten Querschnitt besitzt, hinter dem sich der Düsenquerschnitt allmählich wieder vergrößert.

Lavalturbine, eine → Dampfturbine.

Lävulose, svw. → D-Fruktose.

Lawine, an steilen Berghängen niedergehende, oft Zerstörungen verursachende Schnee- oder Eismassen. Sie werden ausgelöst durch innere Massenverlagerung des Lawinenmaterials, fallende Steine, Tritte oder Schallwellen. Bei **Schneelawinen** unterscheidet man folgende Arten: a) Trockenschneelawinen treten auf nach Neuschnee bei niedriger Temperatur, bei durch den Wind transportiertem Triebsschnee und bei Schwimmschnee, der sich in den tieferen Schichten bei großer Kälte durch Umkristallisation bildet. Zu ihnen gehören die Schneebretter, die über lockerem Schnee durch Windpressung auf den Luvseiten der Hänge entstehen. b) Feucht- oder Naßschneelawinen bilden sich, wenn nasser Neuschnee fällt, oder treten bei Tauwetter (Föhn) besonders im Frühling im Altschnee auf. **Eislawinen** entstehen bei Abbruch von Firneis in den oberen Teilen oder von Gletschereis in den unteren Teilen der Gletscher.

In übertragenem Sinne spricht man von **Steinlawinen**, wenn durch Herausbrechen einzelner Gesteinstrümmer der Zusammenhalt größerer Felspartien gelockert wird.

Als Schutz gegen Lawinenschäden dienen Waldanpflanzungen (Bannwald), Lawinenverbauungen (künstliche Unebenheiten an gefährdeten Hängen, keilförmige Vorbauten an Gebäuden zum Zerteilen der L. u. ä.) und kontrolliertes Auslösen der L. durch Beschuß.

Lawrentium, Symbol Lw , radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 103, Massenzahl des einzigen bisher bekannten Isotops 257. L. wurde 1961 von Ghiorso, Sikkeland, Larsh und Latimer entdeckt und nach E. O. Lawrence, dem Erfinder des Zyklotrons, benannt; $^{257}_{103}Lw$ zerfällt unter Aussendung

von α -Strahlen mit einer Halbwertszeit von 8 Sekunden in ein Isotop des Mendeleviums.

LCAOMO-Methode, → Quantenchemie.

LD-Verfahren, → Stahlerzeugung.

LDAC-Verfahren, → Stahlerzeugung.

LDP-Verfahren, → Stahlerzeugung.

Le-Chatelier-Braunshesches Prinzip, Prinzip des kleinsten Zwanges, von H. Le Chatelier und K. F. Braun formuliert. Es zeigt vor allem die Abhängigkeit chemischer Gleichgewichte von äußeren Bedingungen: Übt man auf ein im Gleichgewicht befindliches System durch Änderung der äußeren Bedingungen einen Zwang aus, so verschiebt sich das Gleichgewicht derart, daß es dem äußeren Zwang ausweicht. Das Prinzip wird technisch angewendet beim → Haber-Bosch-Verfahren: $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 - Q$. Übt man auf dieses System einen Druck aus, so verschiebt sich das Gleichgewicht nach rechts, d. h. zugunsten der NH_3 -Bildung, da das Gasvolumen des entstehenden Ammoniaks (2 Mole = 2 · 22,4 l) um die Hälfte geringer ist als das der Ausgangsprodukte (4 Mole Gas = 4 · 22,4 l). Umgekehrt verschiebt eine Temperaturerhöhung das Gleichgewicht nach links zugunsten der Ausgangsprodukte, da bei der NH_3 -Bildung Wärme frei wird. Daß man bei der großtechnischen Ammoniaksynthese trotzdem bei 500 °C arbeitet, hat seine Ursache in der sehr geringen Reaktionsgeschwindigkeit bei tiefen Temperaturen. Außerdem sind die verwendeten Katalysatoren erst bei höheren Temperaturen wirksam.

Lecherleitung, **Lechersystem**, nach dem österreichischen Physiker E. Lecher benanntes Leitungssystem aus zwei parallelen Leitern zur Fortleitung hoher Frequenzen. Statt drahtförmiger Leiter verwendet man Rohre oder Bänder wegen des bei hohen Frequenzen auftretenden → Skin-Effekts. Die L. ist erdsymmetrisch und hat nur geringe Verluste durch Strahlung.

Betreibt man die L. im Leerlauf oder Kurzschluß, erhält man stehende Wellen, mit denen die Wellenlänge gemessen werden kann. Der Abstand der Strombäuche bzw. Spannungsbäuche entspricht $\frac{1}{2}$ der Wellenlänge. Die Strombäuche werden mit einem Drahtbügel, der eine kleine Glühlampe enthält, nachgewiesen. Der Bügel wird senkrecht über die Leitungen gelegt. Die Spannungsbäuche liegen in der Mitte zwischen zwei Strombäuchen und werden mit Glühlampen oder einpolig an eine Litze angehängten kleinen Glühlampen nachgewiesen. Für genaue Messungen verwendet man kleine Sonden mit angeschlossenem Gleichrichter und Meßinstrument. Über das akustische Analogon der stehenden Wellen → Kundtsche Staubfiguren.

Eine kurzgeschlossene L. kann auch als Schwingkreis benutzt werden.

Lecksuche, → Vakuumtechnik.

Leclanché-Element, ein → galvanisches Element.

Ledeburit m, metallographische Bezeichnung für eine → Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit einem Gehalt von 4,3 % Kohlenstoff. L. ist sehr hart und spröde, hat als Eutektikum einen definierten Erstarrungspunkt von 1147 °C und besteht oberhalb 723 °C aus einem Gemenge von Zementit und Austenit, unterhalb 723 °C aus Zementit und Perlit. L. wurde nach dem Metallurgen A. Ledebur benannt.

Leder, durch Gerben (→ Gerberei) haltbar gemachte tierische Haut, im allgemeinen nur die von der Oberhaut (Epidermis) mit den Haaren und vom Unterhautbindegewebe (Subcutis) befreite Lederhaut (Corium oder Cutis). Die Oberseite (Haarseite) eines **Volleders** weist den für die Tierart charakteristischen Narben auf, der auch mit einer künstlichen Prägung versehen oder schwach angeschliffen sein kann. Die Unterseite (Fleisch-, Aasseite) ist etwas rau und

faserig. Bei einem **Spaltleder** fehlt die natürliche Narbenschnitt (Papillarschicht) der Lederhaut. Weiter werden unterschieden nach dem Hautmaterial: Kalb-, Rind-, Ziegen-, Schweins-, Schafleder u. a., nach Art der Gerbung: pflanzlich gegerbte L. (lohgar L.), **Chromleder** (chromgar L.), **Sämschleder** (sämsch-, fettgar L.) u. a.

Nach der Verarbeitung unterscheidet man die festen **Sohlenleder** (**Unterleder**), eingeteilt in **Sohlleder** mit grauweißem Belag der Narbenseite (in Grubenherstellung hergestellt), **Vacheleder** von bräunlicher Farbe (häufig beschleunigt gegerbt), dünnere **Brandsohlenleder**, grau-grüne **Chromsohlleder** und **Rahmenleder**; die weichen und geschmeidigen **Oberleder**, z. B. **Boxkalf** (**Boxcalf**, vom Kalb), **Rindbox** (aus Rindhäuten), **Roßbox** (aus Roßhäuten), **Chevreau** (aus Ziegenfellen), **Chevrette** (aus Schaffellen), sind vorwiegend chromgerbt und geben Schaftmaterial für Straßen- und Gesellschaftsschuhe. Die stärker gefetteten **Waterproof** und **Fahleder** (Rindleder) sowie **Juchten** (früher nur Bezeichnung für mit Weidenrinde gegerbtes und mit Birkeneteeröl gefettetes L. mit charakteristischem Geruch) geben Schaftmaterial für Arbeits- und Sportschuhwerk. **Velourleder** ist ein auf der Fleischseite samtartig geschliffenes Oberleder (vorwiegend vom Kalb), **Nubuk** ein auf der Narbenseite samtartig geschliffenes chromgerbtes Kalb- oder Leder. **Bekleidungsleder** für Mäntel, Jacken, Hosen mit glatter Oberfläche (Narben) werden aus Ziegen- oder Schaffellen hergestellt, auch aus Roß- oder Rindhäuten, die dünn gespalten sind. Samtartig geschliffene, tuchweiche **Wildleder** aus Hirsch-, Elch- und Rentierfellen geben u. a. Trachtenhosen. **Handschuhleder** aus Zickelfellen, Schweinshäuten, Wildfellen sind als **Glacé**-, **Nappa**- oder **Sämschleder** im Gebrauch. **Glacéleder** ist ein durch Behandlung mit Alaun, Salz, Eigelb und Weizenmehl (Gare) erhaltenes weiches, zügeltes L., meist aus Zickel-, auch aus Lammfellen. Mit der samtartigen Fleischseite nach außen verarbeitet (bei narbenbeschädigten Fellen) wird es **Chair**- oder **Dänischleder** genannt. **Geschirrleder** (**Zeugleder**) sind meist stärker gefettete, vorwiegend schwarz gefärbte, kräftige, glatte Rindleder zur Herstellung von Zaumzeug und Riementteilen für Pferdegeschirre. Die weniger gefetteten **Blankleder** aus Rind- oder Schweinshäuten, oft farbig zugerichtet, dienen auch zur Herstellung von kräftigen Taschen und Tragriemen für verschiedene Zwecke. **Galanterie- und Täschnerleder**, z. T. auch **Buchbinderleder** haben oft einen geprägten Narben. **Saffianleder** sind mit Sumachblättern gegerbte und gefärbte Ziegenleder mit gekräuseltm Narben. Unter **Maroquinleder** (**Marokkoleder**) versteht man ein mit Sumach gegerbtes Ziegenleder. Es ist genarbt, dem Saffian ähnlich, aber meist schwarz gefärbt. **Korduanleder** (**Kordovanleder**, nach der spanischen Stadt Cordova) ist ebenfalls ein mit Sumach gegerbtes feines Ziegen- oder Schafleder. **Skivers** (**Fleurs**) sind sehr dünne, gegerbte Narbenspalte von Schaffellen. Sie dienen unter anderem als Material für Bucheinbände oder für Kleinlederwaren (Etuis usw.). Auch gegerbte Narbenspalte von Schweinshäuten (Schweins-Skivers) sind für diese Zwecke brauchbar. Technische L. werden für Treibriemen, Näh- und Binderriemen, Pumpenmanschetten, Membranen, Dichtungen, Reib- und Kupplungsbeläge, Gasmeßuhren und zum Filtrieren von Treibstoffen (Filterleder) verwendet. Speziell für die Textilindustrie werden Laufleder, Nitschelhosenleder und Schlagriemenleder hergestellt. Sämschigare Wagenwasch- und Fensterputzleder sind häufig aus Rehfellen, Polsterleder (Möbel- und Autovachetten) meist aus dünn gespaltenen Bullenhäuten. **Spaltleder** (aus dem beim Spalten der Blößen verbleibenden Fleischspalt ohne die

natürliche Narbenschnitt) werden oft mit einem künstlichen Narben versehen, sind aber von geringerem Wert. Durch Beschädigung der Narbenschnitt entstandene Fehler werden bisweilen dadurch korrigiert, daß der Narben abgeschliffen und durch eine künstliche Deckschnitt ersetzt wird (korrigierter Narben). Diese L. sind z. B. als *Schleifbox* u. ä. im Handel. *Konalder* ist ein L. aus Schweinshäuten mit korrigiertem Narben.

Die Eigenschaften der L. sind von Hautart, Gerbart und Art der Zurichtung abhängig. Vom tuchweichen Sämischleder bis zum harten Sohlleder sind alle Variationen möglich. Die Festigkeit ist durch die Faserstruktur des Hautmaterials gegeben; die Zugfestigkeit schwankt von etwa 100 kp/cm² beim Schaffutterleder bis zu etwa 1200 kp/cm² beim Transparentleder. Eine hervorragende Eigenschaft des L.s besteht darin, daß es bei entsprechender Behandlung wasserdicht, dabei aber durchlässig für Luft und Wasserdampf sein kann, was für die Herstellung von Bekleidung besonders wertvoll ist. Durch spezielle Gerbung und Zurichtung kann ein L. saugfähig, durch Imprägnieren undurchlässig für Gase und Flüssigkeiten gemacht werden.

Neben Hautblößen, die eine echte Gerbung erfahren haben, werden auch ohne Gerbung zurichtete Hautblößen (z. B. als Pergament, als Transparentleder für Nähriemen und Pickers und als Trommelfelle) zum L. gerechnet.

Mit dem Haarkleid zurichtete Pelzfelle (Rauchwaren, → Rauchwarenzurichtung) können als *Pelzleder* angesehen werden.

Die Lederpflege erstreckt sich auf Säubern von Staub und Schmutz, Auffrischen des Oberflächenglanzes mit Wachpasten (Schuhkremes) bei glatten L.n oder Einbringen geeigneter Fettstoffe in das Fasergefüge, um bei stärker strapazierten L.n die Weichheit und Geschmeidigkeit zu erhalten.

Austauschstoffe für L. sind die verschiedenen Arten von → *Kunstleder*.

Lit. Riedel: Leder-ABC (2. Aufl. Leipzig 1952); Schöpel: Lederkunde (Leipzig 1951); Stather: L. und Kunstleder, Fachkunde in Stichworten (2. Aufl. Berlin 1956); → Gerberei. Ztschr.: Deutsche Schuh- und Lederzeitschrift (Berlin).

Lee f, die dem Wind bzw. der Strömung abgewandte Seite eines Schiffs oder eines Strömungshindernisses (z. B. Gebirge). Gegensatz: *Luv*, die dem Wind bzw. der Strömung zugewandte Seite.

Leerlauf, die Beweglichkeit des Antriebes bei feststehendem Abtrieb, d. h. der Lauf einer Maschine (Motor, Turbine), ohne daß diese Arbeit leistet.

Leeraufstrom, der elektrische Strom, der auf der Primärseite eines → Vierpols oder in einer elektrischen Maschine fließt, wenn der Sekundärstrom Null ist bzw. an der Welle kein Moment angreift.

Lefa, → *Kunstleder*.

Legende, der erklärende Text unter oder neben Landkarten, Plänen, Zeichnungen, graphischen Darstellungen u. a., z. B. die Erklärung der Kartenzeichen auf Karten.

Legierung, jeder aus mehreren Elementen bestehende Stoff, der die Eigenschaften der Metalle besitzt. Eine L. besteht aus dem Grundmetall, das die Hauptmenge der L. ausmacht und nach dem die L. benannt wird (z. B. Eisenlegierungen, Kupferlegierungen), und den Zusätzen, die oft zur näheren Charakterisierung der L. mit genannt werden (z. B. Aluminium-Kupfer-L., Eisen-Kohlenstoff-L.). Fast alle technischen Gebrauchsmetalle sind L.en. Durch Legieren werden die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Grundmetalls verändert, z. B. wird die mechanische Festigkeit erhöht, die elektrische Leit-

fähigkeit und die Wärmeleitfähigkeit werden verringert.

Die Bestandteile können ineinander löslich sein, es ergibt sich eine **homogene L.** Bei teilweiser oder vollkommener Unlöslichkeit der Komponenten ineinander erhält man eine **heterogene L.** Über die Löslichkeitsverhältnisse der Komponenten in Abhängigkeit von der Temperatur gibt das Zustandsdiagramm Auskunft. Je nach Art und Menge der Legierungskomponenten unterscheidet man in einer bestimmten Legierungsgattung nach der Verarbeitungsart **Knetlegierungen**, die homogen aufgebaut sind und sich gut spanlos verformen lassen, und **Gußlegierungen**, die heterogen aufgebaut sind und gute Gießeigenschaften besitzen.

Eine L. besitzt im allgemeinen gegenüber einem reinen Metall keinen definierten Schmelzpunkt (Ausnahmen Eutektikum und intermetallische Verbindungen), sondern ein Schmelzintervall. Hergestellt werden L.en durch Zusammenschmelzen der einzelnen Komponenten oder über → Vorlegierungen, durch Sintern pulverförmiger fester Bestandteile (→ Pulvermetallurgie) oder durch Diffusion eines Elementes in die Oberfläche eines Werkstückes (→ Härten).

Lehm, ein durch Eisenverbindungen gelb bis braun gefärbtes Gemenge von Sand und Ton. L. ist magerer, d. h. weniger plastisch als Ton. **Auelehm** wird in Flußauen aus Sinkstoffen der Gewässer gebildet. **Geschiebelehm** ist kalkarmer oder entkalkter Geschiebemergel, **Lößlehm** verwitterter, karbonatfreier Löß. L. ist Grundstoff der Ziegelindustrie.

Lehre, 1) Meßtechnik: ein vorwiegend in der metallbearbeitenden Industrie verwendetes Gerät zum Prüfen (Lehren) der zulässigen Grenzen für die Maße und Formen von Werkstücken. Die L.n verkörpern eine bestimmte Länge (Maßlehre) oder eine bestimmte Form (Formlehre) oder beides zusammen (Paarungslehre).

1) **Maßlehren** sind z. B. Fühlerlehre und Lochlehre. Die **Fühlerlehre** (Spion, Abb. a) besteht aus mehreren nach der Dicke gestuften Blechstreifen, die zu einem Satz vereinigt sind. Fühlerlehren dienen zum Ausfühlen von Abständen, Fugen und Spalten, z. B. des Elektrodenabstandes bei Zündkerzen. Die **Lochlehre** ist eine gehärtete Stahlplatte mit Bohrungen verschiedenen Durchmessers zwischen 0,1 und 10 mm. Mit ihr kann der Durchmesser von zylindrischen Stiften, Bolzen, Spiralbohrern usw. geprüft werden. Maßlehren sind ferner die Längennormale, die zum Einstellen und Prüfen von Meßgeräten verwendet werden, z. B. Parallel-, Zylinder- und Kugelmessmaße, → Endmaß.

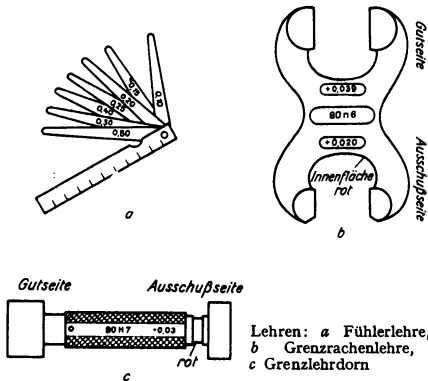
2) **Formlehren** stellen die möglichst ideale Gegenform zum Prüfling dar, z. B. die Radienlehren, die als Meßkante konkave oder konvexe Kreisbögen mit abgestuftem Radius haben, oder die Gewindeschablonen (Gewindekämme), die das Profil verschiedener Gewinde darstellen.

3) Mit **Paarungslehren** prüft man, ob das → Paarungsmaß des Werkstückes die zulässige Grenze einhält. Zu diesem Zweck muß die Paarungslehre als formideales Gegenstück zum Werkstück ausgeführt sein, damit sie → Istmaß und Form des Werkstückes erfäßt.

Zum Lehren eines Werkstückes auf Einhaltung seiner Toleranzgrenzen sind jeweils eine Paarungslehre und so viel Maßlehren erforderlich, wie unabhängige Bestimmungsstücke des Werkstückes vorhanden sind. Die Paarungslehre verkörpert die Gutseite des Werkstücktoleranzfeldes und wird als **Gutlehre** bezeichnet. Die Ausschußseite des Toleranzfeldes wird durch eine oder mehrere Maßlehren (**Ausschußlehren**) dargestellt.

4) Zusammengehörige Gut- und Ausschußlehren bezeichnet man als **Grenzlehren**. Die Ausschußlehre ist jeweils rot gekennzeichnet. Die

Gutleure muß sich ohne übermäßigen Kraftaufwand mit dem Werkstück paaren lassen, die Ausschußleure darf es dagegen nicht, da das Werkstück sonst Ausschuß darstellt. Als Grenzlehren für Werkstückbohrungen werden **Grenzlehndorne** (Abb. c) verwendet. Ein meßtechnisch richtig gestalteter Grenzlehndorn hat auf der Gutseite einen zylindrischen Meßzapfen von der Länge der Bohrung und auf der Ausschußseite ein Kugelendmaß. Aus praktischen Gründen werden Grenzlehndorne nach TGL 8811 über 32 mm Nenndurchmesser zweiteilig (Gut- und Ausschußleure getrennt) ausgebildet. Ab 160 mm Nenndurchmesser dürfen die Lehren Zylinder-ausschnitte als Meßfläche besitzen (Flachleure). Als Grenzlehren für Wellen werden vorwiegend **Grenzrachenlehren** (Abb. b) benutzt; dabei verkörpert die Gutleure das zulässige Größtmaß, die Ausschußleure das zulässige Kleinstmaß der Werkstückwelle.



Lehren: a Fühlerlehre,
b Grenzrachenlehre,
c Grenzlehndorn

Lit. Lehmann: Leitfaden der Längenmeßtechnik (Berlin 1960); Tschochner: Toleranzen, Passungen, Grenzlehren (2. Aufl. Leipzig 1959); Zill: Messen und Lehren im Maschinen- und Feingerätebau (Leipzig 1958).

2) Bauwesen: eine Vorrichtung aus Bohlen oder Winkeleisen. Die **Tillesche Eckleure** (Öffnungsleure) wird beim Errichten von Mauerecken und Maueröffnungen aufgestellt, um das Loten mit Wasserwaage und Senklot einzusparen. Das **Lehrbrett** (Lehrschlitten) dient zum Ziehen von Profilleisten oder Gesimsen bei Stuckarbeiten. **Lehrenbohrmaschine**, → Bohren.

Lehrgerüst, → Gerüst.

Leichengifte, **Ptomaine**, ursprünglich die aus faulendem Eiweiß isolierten Diamine Putreszin und Kadaverin, später allgemein Bezeichnung für die toxischen Stoffwechselprodukte der Fäulnisbakterien.

Leichtbau, ein Konstruktionsprinzip im Hochbau und im Maschinenbau, bei dem spezifisch leichte Werkstoffe oder materialsparende Ausführungen (Konstruktionen) angewendet werden. Als Werkstoffe dienen Leichtmetalle, vor allem Aluminium, Plaste, Leichtbauplatten (Wabenkernplatten) u. ä. Auch schwere Werkstoffe, z. B. Stahl, können bei zweckmäßiger Konstruktion im L. verwendet werden.

Leichtbauplatten, → Leichtbaustoffe.

Leichtbaustoffe, 1) → Baustoffe geringer Rohdichte, z. B. Leichtbeton, Schaumsilikat, Porengipsplatten (→ Gipsplatten). 2) Erzeugnisse geringer Dicke, z. B. Leichtmetall, Asbestbetonplatten, Leichtbauplatten mit organischen Bestandteilen (→ Holzfaserplatten, → Holzwolle-Leichtbauplatten, → Holzspanplatten), Folien u. a. 3) Elemente der → Wabenbauweise.

leichter Wasserstoff, svw. → Protium.

Leichtmetalle, Metalle, deren Dichte geringer als 5 ist. Zu den L.n. gehören die Alkalimetalle,

die Metalle der Erdalkaligruppe und die Metalle Aluminium, Titan, Yttrium, Skandium sowie die Legierungen dieser Metalle. Das leichteste der L. ist Lithium, das schwerste Titan. Technisch am wichtigsten sind Aluminium und Magnesium. Unterschied: → Schwermetalle.

Leichtöl, eine aus Steinkohlenteer, aber auch bei thermischen Braunkohlenveredlungsverfahren gewonnene Destillatfraktion von 80 bis 180 °C. L. ist eine gelb- bis dunkelbraun gefärbte, leicht bewegliche, meist unangenehm riechende Flüssigkeit mit einer Dichte von 0,91 bis 0,95 g cm⁻³. Die Aufarbeitung des L.s wird nach verschiedenen Verfahren vorgenommen. Durch Wäsche mit verdünnten Säuren werden die Pyridinbasen, mit Alkalien die Phenole extrahiert. Die Auftrennung der Neutralstoffe erfolgt durch Destillation. Die dabei erhaltenen Fraktionen werden als Zusatz für Kraftstoffgemische, als Motorenbenzol, als Lösungsmittel u. a. verwendet. Als Destillationsrückstand verbleibt das Kumaronharz.

Lit. Gundermann: Chemie und Technologie des Braunkohlenteers (Berlin 1964).

Leidener Flasche, **Kleitsche Flasche**, ein einseitig offenes, häufig zylindrisches Glasgefäß, das außen und innen, vom oberen Rand abgesehen, mit Stanniol belegt ist und zur Aufnahme elektrischer Ladungen dient. Die L. F. wurde 1746 von Cunaeus aus Leiden und E. G. von Kleist entwickelt. Sie war der erste elektrische Kondensator, findet sich heute nur noch an Elektrifizierungsmaschinen.

Leim, in Wasser löslicher → Klebstoff zur Herstellung einer dauerhaften Verbindung zwischen Werkstoffen, hauptsächlich von Holzteilen und Papier. Man unterscheidet natürliche L.e mit Eiweiß, Kohlenhydraten oder Pflanzengummi als Grundstoff und synthetische L.e (Kunstharzleime) mit Polykondensaten und Polymerisaten als Grundstoff.

1) **Natürliche L.e**: a) **Tierische L.e**: **Glutinleime** werden aus tierischer Haut (**Hautleim**), aus Knochen (**Knochenleim**) oder aus Lederabfällen (**Lederleim**) gewonnen, in Form von Tafeln, Plättchen, Perlen, Körnern und Pulvern in den Handel gebracht und besonders für Holzverbindungen verwendet. Man verarbeitet sie wie alle tierischen L.e bei 60 bis 80 °C (durch Kochen wird tierischer L. zerstört); sie sind nicht wasserbeständig. Die nur noch wenig verwendeten **Kaseinleime** bestehen aus einem Gemisch von Kasein, Alkalien und anderen die Klebstoffeigenschaften begünstigenden Stoffen. Sie werden kalt verarbeitet (**Kaltleime**) und sind ziemlich feuchtigkeitsbeständig. **Albuminleime** enthalten Blutalbumin, sind feuchtigkeitsbeständiger als Kaseinleime und werden daher noch zur Sperrholzherstellung eingesetzt. b) **Pflanzliche L.e**: **Kleister** ist eine dünne, erhitzte Aufschlammung von Stärke, Mehl u. a. in Wasser, die z. B. zum Ankleben von Tapeten und beim Buchbinden verwendet wird. **Stärkeleim** entsteht, wenn man Stärke mit Wasser aufschlämmt, mit Natronlauge behandelt und durch Salpetersäure neutralisiert. Zur Konservierung wird Formaldehydlösung zugesetzt. **Dextrinleim** erhält man durch Anrühren von Dextrinen mit kaltem oder heißem Wasser unter Zusetzen von Borax und Alkalien. Er wird hauptsächlich zur Herstellung gummierter Papiere und als pastenartiger Büroleim verwendet. — Der wichtigste Pflanzengummileim ist das Gummiarabikum, das Gummiharz tropischer Akazienarten.

2) **Synthetische L.e** werden aus Kunststoffen hergestellt, z. B. aus Zelluloseestern, Zelluloseäthern, Polyvinylalkohol, Harnstoff-, Diisocyanat-, Melamin- und Formaldehyd-Phenolharzen. Diese L.e sind bei kurzer Abbindezeit sehr fest

und wasserbeständig und gewinnen deshalb für viele Industriezweige ständig an Bedeutung.

Lit. → Klebstoffe.

Leimfarben, Trockenpigmente mit wasserlöslichen Klebstoffen (Leim) als Bindemittel.

Leinen, ein meist aus Flach- (Leinen-) oder Hanffäden bestehendes Gewebe. **Leinwand** ist ein Gewebe aus diesen Fäden in Leinwandbindung (→ Bindung). **Reinleinen** (Linnen) besteht nur aus Flachsfäden, **Halbleinen** aus Baumwollgarn in der Kette und Flachsfäden im Schuß; **Rohleinen** ist ungebleicht. Als **Leinenbatist** wird eine sehr feinfädige Leinwand bezeichnet. L. ist sehr fest, saugfähig und kühl beim Tragen. Es fasert nicht und wird nach dem Waschen schön weiß. Man verwendet L. vorwiegend für Tisch-, Bett- und Küchenwäsche. **Steifleinen**, **Wattierleinen**, **Schneiderleinen** ist stark appreciierte Leinwand als Einlagefutter für Oberbekleidung. **Leinenpapier** ist mit Leinenprägung versehenes Papier.

Leinenwurfgerät, ein Gerät zum Abschießen kleiner Raketen, die eine dünne Leine nachziehen, zu einem Schiff. Mit dem L. wird eine Verbindung zwischen der Küste und einem in Seenot befindlichen Schiff oder zwischen zwei Schiffen hergestellt zur Übergabe einer Schlepptrasse, zum Spannen von zwei Tauen zwecks Transportes von Schiffbrüchigen mittels Hosenboje sowie zur Herstellung einer Schlauchbootverbindung zum Transport Schiffbrüchiger, Kranker usw. Man unterscheidet Leinenpistolen und Raketenapparate. Die **Leinenpistole** hat einen Handschutz zur Verhütung von Brandverletzungen, ihre Reichweite beträgt je nach Windverhältnissen 150 bis 400 m. Der **Raketenapparat** ist ein Standgerät für Seenotrettungsstationen, das für größere Entfernungen (bis 800 m) eingesetzt wird. Mit L. sind alle Schiffe, insbesondere Motorrettungsboote oder Rettungskreuzer, ausgerüstet.

Leinöl, → Fette und fette Öle.

Leinölsäure, svw. → Linolsäure.

Leistung, früher auch **Effekt**, Zeichen P , auch N , physikalische Größenart, der Quotient aus Arbeit und Zeit bzw. das Produkt aus Kraft und Geschwindigkeit. Einheiten sind das → Watt (Kurzz. W) sowie Einheiten, die als Quotient aus einer Arbeitseinheit und einer Zeiteinheit gebildet werden. Zur Angabe von elektrischen Scheinleistungen darf an Stelle des Watts das → Voltampere (Kurzz. VA), zur Angabe von elektrischen Blindleistungen das → Var (Kurzz. var) benutzt werden.

Leistungsaufnahme, die Leistung, die eine Maschine oder ein Gerät in elektrischer, mechanischer oder anderer Form zur Umwandlung oder zum Verbrauch aufnimmt, z. B. ein Generator an seiner Welle, ein Motor an seinen Anschlußklemmen, ein Fernsehgerät aus dem Netz. Die höchste im Betrieb auftretende L. ist der → Anschlußwert. Die Ansprechleistung eines Relais beträgt z. B. 20 bis 100 mW (Milliwatt), Elektromotoren als Werkzeugmaschinenantriebe haben eine L. von 0,1 bis 30 kW, Straßenbahn und Obus 40 bis 100 kW, elektrische Vollbahnen 2000 bis 5000 kW, Stahlschmelzöfen 4000 bis 40000 kW.

Leistungsfaktor, das Verhältnis von Wirkleistung zu Scheinleistung. Für sinusförmige Spannungen und Ströme ist dieser Faktor gleich $\cos \varphi$, wobei φ der Winkel zwischen Strom und Spannung ist. Der Wert des Leistungsfaktors bewegt sich in den Grenzen von 0 bis 1. Je kleiner der L. wird, desto weniger können die vorhandenen Netze ausgenutzt werden. Man ist deshalb bestrebt, den L. in der Nähe des Wertes 1 zu halten. Dazu werden entweder Kondensatoren oder spezielle Synchronmaschinen (→ elektrische Maschine), sogenannte Phasenschieber, in die Netze eingeschaltet.

Der L. wird meist mit einem elektrodynamischen **Kreuzspulmeßwerk** gemessen.

Leistungsgewicht, → Masse-Leistungs-Verhältnis.

Leiter, ein Körper, der Elektrizität, Wärme oder Schall vom Ort der Entstehung aus weiterleitet. Elektrizität wird durch freie oder locker gebundene Elektronen oder durch Elektronenverschiebungen weitergeleitet (→ Elektronenleitung, → Ionenleitung, → Leitfähigkeit, → Bändermodell), Wärme und Schall werden auf Grund mechanischer Impulse weitergeleitet (→ Wärmeleitung). Gegensatz: Nichtleiter (→ Dielektrikum).

Leitfähigkeit, 1) elektrische L., Maß für die Fähigkeit eines Stoffes, Elektrizität vom Ort der Entstehung über den ganzen Körper auszubreiten, d. h. den elektrischen Strom zu leiten. Je nachdem, ob die Ladungen in Form von Elektronen oder Ionen transportiert werden, unterscheidet man **Elektronenleiter** oder **Leiter I. Ordnung** (→ Elektronenleitung) und **Ionenleiter** oder **Leiter II. Ordnung** (→ Ionenleitung). Außerdem kennt man **Mischleiter**, in denen beide Arten der Leitung am Stromtransport beteiligt sind, und → **Halbleiter**, bei denen es erst einer Energiezufuhr (Temperaturerhöhung, Lichteinwirkung) bedarf, um die im Gitter vorhandenen Ladungsträger (Ionen oder Elektronen) frei beweglich zu machen. Bei den Elektronenleitern nimmt die Leitfähigkeit mit steigender Temperatur ab, bei den Ionen- und den Halbleitern nimmt sie dagegen zu. Man muß aus diesem Grunde zu den L. stets die entsprechenden Meßtemperaturen mit angeben. Die elektrische L. schwankt innerhalb sehr weiter Grenzen. Absolute Nichtleiter gibt es nicht, da durch die überall vorhandene kosmische Strahlung und durch Spuren radioaktiver Stoffe ständig einige Ionen gebildet werden.

Allgemein versteht man unter elektrischer L. den Kehrwert des elektrischen Widerstandes. Die elektrische L. ist also um so größer, je kleiner der Widerstand ist. Die Einheit der L. ist ein **Siemens** ($S = \Omega^{-1}$). Die spez. L. κ ist gleich dem reziproken Wert des spezifischen Widerstandes σ und läßt sich aus der allgemeinen Widerstandsformel berechnen:

$$R = \sigma \cdot \frac{l}{q} = \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{l}{q} = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{q},$$

wobei R = Widerstand, σ = spezifischer Widerstand, κ = spezifische L., l = Länge und q = Querschnitt des Leiters. Bei metallischen Leitern gibt man die elektrische L. entweder in $\Omega^{-1} \text{ m mm}^{-2}$ oder in $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ an.

Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C

Silber	$61 \cdot 10^4$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Kupfer	$58 \cdot 10^4$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Aluminium	$36 \cdot 10^4$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Eisen	$10,3 \cdot 10^4$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Konstantan	$2 \cdot 10^4$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Chromnickel	$1,25 \cdot 10^4$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Quecksilber	$1 \cdot 10^4$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Graphit und Kohle	$0,1 \cdot 10^8$ bis $10 \cdot 10^8$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Quarzglas	$2 \cdot 10^{-14}$	$\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$

Bei Elektrolytlösungen spricht man von **elektrolytischer L.** Hierbei bezieht man die spezifische L. auf den Widerstand einer Elektrolytlösungssäule von 1 cm² Querschnitt zwischen zwei Elektroden von einem Abstand $l = 1 \text{ cm}$.

Elektrolytische Leitfähigkeit für 1 molare Lösungen bei 18 °C

Kaliumchlorid	$0,09822 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Salzsäure	$0,3010 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Essigsäure	$0,00132 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Silbernitrat	$0,0876 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$

2) **Wärmeleitfähigkeit**, → Wärmeleitung.

Leitlinie, → Kegelschnitte, → Kegel, → Zylinder. **Leitrad**, ein in Strömungsmaschinen ringförmig angeordnetes feststehendes Schaufelgitter (→

Leitschienenbahn

Schaukel), in dem durch Umlenken der Strömung ein der Dralländerung entsprechendes Moment auf das Gehäuse übertragen wird. Das L. erzeugt in Turbinen, vor dem Laufrad angeordnet, den notwendigen Zuströmdrall; bei Pumpen und Verdichtern, meist hinter dem Laufrad angeordnet, entzieht es dem Medium den im Laufrad übertragenen Drall.

Leitschienenbahn, eine Zweischienenbahn, bei der die seitliche Führung nicht durch Spurränze an den tragenden Rädern, sondern durch horizontal liegende **Leiträder** erfolgt, die auf besonderen **Leitschienen** (beiderseits außen oder in Gleismitte) laufen. Eine L. ist dem Prinzip nach die gummibereifte Pariser Metro, bei der luftbereifte Räder auf schmalen Betonbahnen laufen; die horizontale Führung wird durch vollgummibereifte Hilfsräder an seitlich angeordneten Borden übernommen. Diese Bahn ist jedoch keine echte L., weil das normale Stahlschienengleis und die stählernen Spurranzräder für Schadensfälle an der Luftbereifung und für die Spurführung in Weichen weiterhin vorhanden sind. Eine echte L. stellt die L. nach Kuch dar. Bei ihr laufen die Fahrzeuge auf luftbereiften Drehgestellen, die mittels schrägliegender Laufrollen an einer zwischen den Fahrspuren eingelassenen Leitschiene geführt werden.

L. werden ausschließlich elektrisch betrieben. Wegen der fehlenden Stahlschienen ist zur Stromrückleitung eine zweite Stromschiene nötig. Die Betonfahrbahn der L. kann wesentlich schwächer als das klassische Schotterbett ausgeführt werden, so daß bei unterirdischer Führung an Tunnelhöhe gespart werden kann.

Leitstrahl lenkung, → Fernlenkung.

Leitung, → elektrische Leitungen, → Rohr.

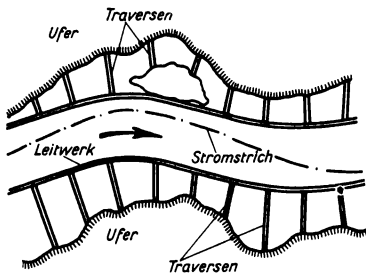
Leitungskonstanten, die die Eigenschaften einer Leitung eindeutig kennzeichnenden Werte von Widerstand, Induktivität, Kapazität, Leitwert (Ableitung). Sie werden auf die Längeneinheit, meist 1 km, bezogen und mit R' , L' , C' und G' bezeichnet. → Fernmeldekabel.

Leitungstheorie, die mathematische Formulierung der Vorgänge auf Leitungen unter verschiedenen Betriebsbedingungen.

Leitungsverzweigung, 1) Mechanik: das getriebliche Prinzip der Ausgleich- und Summierungsgetriebe; ausgeführt als hydraulische L., als L. bei Gestängeleitungen und als L. bei Wellenleitungen. Eine L. zwischen n -Leitungen hat $n-1$ Bewegungsfreiheiten.

2) Elektrizitätslehre: → Kirchhoffsche Verzweigungsregeln.

Leitwerk, 1) Flußbau: **Parallelwerk**, **Längswerk**, ein auf beiden Seiten vom Wasser bespültes dammartiges Bauwerk (Steindamm oder abgepflasterter Damm aus Sand, Kies oder Packwerk), das dem Fluß eine geordnete Fließrichtung gibt und durch Einschränkung des Querschnitts den



Wasserspiegel aufstaut. Um die Hinterströmung des L.s abzuschwächen, wird dieses durch buhnartige Querbauten (**Traversen**) mit dem Ufer verbunden, die gleichzeitig eine Auflandung fördern.

2) Seebau: ein aus dem Wasser herausragendes Bauwerk zum Leiten von Schiffen vor schmalen Hafeneinfahrten, Seekanälen und Schiffschleusen. Es kann aus Holz, Stahl oder Stahlbeton bestehen.

3) → Flugzeug.

Leitwert, Zeichen G , der Kehrwert des elektrischen Widerstandes R : $G = \frac{1}{R}$. Der L. wird in Siemens (Kurzsz. S) angegeben: $1S = \frac{1}{1\Omega} = 1 \frac{A}{V}$.

Lemniskate f , Schleifenlinie, in der Mathematik eine ebene algebraische Kurve 4. Ordnung in Form einer liegenden Acht, ein Spezialfall der → Cassinischen Kurven: der geometrische Ort aller Punkte P , für die das Produkt der Abstände von zwei festen Punkten F_1 und F_2 mit dem Abstand $2a$ den konstanten Wert a^2 hat. Die Gleichung der L. in rechtwinkligen (kartesischen) Koordinaten ist $(x^2 + y^2)^2 = 2a^2 \cdot (x^2 - y^2)$. (Abb.)

Lenard-Effekt, 1) die elektrische Aufladung von Flüssigkeitstropfen beim Zerspritzen und Zerstäuben. Bei Wasser sind die außen abgesprühten feinsten Tröpfchen negativ, die zurückbleibenden positiv geladen. Der L.-E. ist der Grund für die Aufladung der Luft in der Nähe von Wasserfällen (**Wasserfallelektrizität**, früher **Balloelektrizität** genannt) und spielt wahrscheinlich bei der Entstehung der Gewitterelektrizität eine Rolle.

2) die durch ultraviolettes Licht hervorgerufene starke Ionisierung von Gasen, besonders von Luft.

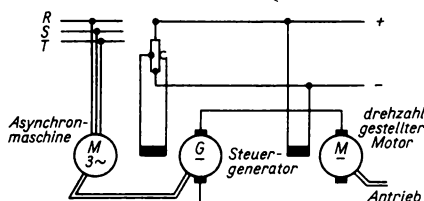
Leninpreise, genauer **Wladimir-Iljitsch-Lenin-Preise** für die hervorragendsten Arbeiten auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik, Literatur und Kunst, in der UdSSR verliehene hohe staatliche Auszeichnungen. Die L. wurden 1925 vom Rat der Volkskommissare der UdSSR zur Förderung der wissenschaftlichen Tätigkeit im Sinne der Ideen W. I. Lenins gestiftet und 1926 erstmalig verliehen. Von 1936 bis 1952 wurden Staatspreise (Stalinpreise) verliehen. 1956 erfolgte eine Neustiftung der L.

Die L. werden entsprechend einer 1966 erfolgten Neuregelung alle zwei Jahre am 22. April, dem Geburtstag Lenins, verliehen, und zwar 25 Preise für hervorragende Leistungen auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technik und 5 Preise auf den Gebieten Literatur, Kunst und Architektur. Sie sind mit einer Geldprämie in Höhe von je 1000 Rubeln verbunden. Vorschläge zur Verleihung von L.n können einreichen: Die Präsidenten der Akademien der UdSSR, wissenschaftliche und ingenieurtechnische Gesellschaften, wissenschaftliche Forschungsinstitute, Universitäten und Hochschulen, das Präsidium des Allunionszentralrates der sowjetischen Gewerkschaften, die Kollegien der Ministerien der UdSSR und der Unionsrepubliken, Betriebe, die Leitungen der Verbände der sowjetischen Schriftsteller, Künstler, Komponisten und Architekten, die Redaktionskollegien von Zeitschriften, Verlage, gesellschaftliche Organisationen sowie Einzelpersonen (Wissenschaftler, Techniker, Literatur-schaffende und Künstler).

Lenzsche Regel, ein von dem russischen Physiker H. F. E. Lenz 1834 gefundenes Gesetz, nach dem der durch die Bewegung eines Leiters in einem Magnetfeld induzierte Strom immer so gerichtet ist, daß die auftretende Kraft die Bewegung zu hemmen sucht. Die L. R. ist eine spezielle Folge des Energieerhaltungssatzes, denn wäre sie nicht gültig, so würde sich der stromdurchflossene Leiter beschleunigt bewegen, der Induktionsstrom würde verstärkt, und es läge ein Perpetuum mobile vor, → Elektromagnetismus.

Leonard-Schaltung, nach dem amerikanischen Erfinder H. W. Leonard benannte Schaltung zur verlustarmen Drehzahlstellung von Gleichstrom-

motoren. Die L.-S. wird eingesetzt, wenn die Drehzahl in einem weiten Bereich geändert und unter Umständen auch umgesteuert werden soll (z. B. für den Antrieb von Walzgerüsten und Fördermaschinen). Der Gleichstrommotor wird mit konstantem Erregerstrom gespeist und erhält eine veränderbare Ankerspannung zugeführt, die ein eigens vorhandener fremderregter Gleichstromgenerator liefert. Der Gleichstromgenerator wird als Steuergenerator bezeichnet. Seine Spannung wird über den Erregerstrom geändert. Als Antrieb des Steuergenerators kann eine beliebige Antriebsmaschine dienen. Im allgemeinen wird heute ein Drehstrom-Asynchronmotor verwendet, so daß die benötigte Energie schließlich dem überall zur Verfügung stehenden Drehstromnetz entnommen wird. Der Steuergenerator und sein Antriebsmotor werden auch als \rightarrow Ignor-Umformer ausgeführt.



Leonard-Schaltung. R, S, T Leiter des Dreiphasensystems

Lepidokrokit, Rubinglimmer, Goethit, ein Mineral, γ -FeO(OH); rhombisch, Splitter rubinrot bis gelbrot, Härte nach Mohs 5, D. 4,0 g cm^{-3} . L. bildet dünne Blättchen oder tritt derb, glaskopfförmig oder erdig auf.

Lepidolith, ein \rightarrow Glimmer.

Lepidomelan, ein \rightarrow Glimmer.

Leptide, sehr feinkörnige präkambrische Gneise mit z. T. bedeutenden Eisenerzeinlagerungen.

Leptonen, leichte Elementarteilchen. Sie haben den Spin $1/2$ und weisen sowohl untereinander als auch mit allen anderen bekannten Elementarteilchen nur sehr schwache Wechselwirkung auf. Zu den L. gehören Neutrino und Antineutrino, Elektron und Positron sowie die μ -Mesonen.

Lernmatrix, *Plur.* Lernmatrizen, eine elektrische Schaltungsstruktur zur Nachbildung einfacher Lernvorgänge. Die L. dient speziell zur Realisierung von bedingten Verknüpfungen, d. h. von solchen logischen Verknüpfungen verschiedenartiger Informationen, die sich in Abhängigkeit von der Vorgeschichte ändern können. Verknüpfungselemente sind z. B. automatisch verstellbare Widerstände oder Ferritkerne. Die L. selbst besteht aus zwei sich kreuzenden Scharen von Drähten. An jedem Kreuzungspunkt befindet sich ein Verknüpfungselement. Durch digitale oder analoge elektrische Signale codiert, lassen sich Sätze (Kollektionen) von Eigenschaften (ϵ) über die vertikalen Leitungen und zu jedem Satz Eigenschaften genau eine Bedeutung b über die horizontalen Leitungen der matrixförmigen Anordnung mitteilen. So gehört z. B. zum Satz Eigenschaften „10 übereinanderliegende benachbarte Bildpunkte sind schwarz und ebenso 5 nebeneinanderliegende benachbarte Bildpunkte, die unmittelbar an den Untersten der ersten 10 rechts anschließen; alle anderen Bildpunkte sind weiß“ die Bedeutung „Buchstabe L“. Während der gleichzeitigen Eingabe von Eigenschaftssätzen und zugehörigen Bedeutungen „lernt“ die L. diese Entsprechungen, indem sich nach und nach die richtigen bedingten Verknüpfungen einstellen (\rightarrow Automat). Diese Periode heißt *Lernphase*. In der *Kannphase* signalisiert die L. nach Eingabe eines Satzes von Eigenschaften die diesem entsprechende Bedeutung. Ist diese Bedeutung

nicht eingelesen, so bewirkt eine Extremwert-schaltung, daß die in bestimmtem Sinn ähnlichste Bedeutung angezeigt wird. Ändert man im genannten Beispiel den Eigenschaftssatz so ab, daß statt 5 nur 4 schwarze Bildpunkte vorausgesetzt werden, so wird trotzdem der Buchstabe L „erkannt“. Nach Eingabe einer Bedeutung wird dagegen der entsprechende Satz Eigenschaften stets exakt signalisiert. Vor Beginn der Kannphase braucht die Lernphase nicht abgeschlossen zu sein. Dies ermöglicht der L. eine ständige Verbesserung ihrer „Fähigkeiten“.

An der geeigneten technischen Realisierung von Lernmatrizen wird gearbeitet. Ihr Anwendungsbereich liegt dort, wo auch der Mensch vorwiegend nur durch Assoziation (Gedankenverbindung) zum Ziel kommt, wo also die Ergebnisse aus den Eingangsinformationen nicht konstruiert, sondern durch Auswahl der richtigen Entsprechungen aus einer Vielzahl von in Frage kommenden Ergebnissen gewonnen werden. Anwendungsbeispiele sind Zeichen- und Mustererkennung, Sprachübersetzung, Wetterprognose, Krankheitsdiagnose.

Letten, Sammelbezeichnung für unreine knetbare Tone, unversestigte Schiefertone und tonige Kluftbeläge.

Letter, **Drucktype**, ein quaderförmiger Körper, der am Kopf erhaben und seitenverkehrt das Bild eines Schriftzeichens trägt. Die L. besteht meist aus einer Blei-Antimon-Zinn-Legierung (Lettermetall, 28 % Antimon, 5 % Zinn, 0,3 % Kupfer und Nickel, Rest Blei). Bei Schriftgraden über 72 p werden L.n aus Holz oder Plast hergestellt.

Lettermetall, ein Schriftmetall, eine Blei-Antimon-Zinn-Legierung mit 28 % Antimon, 5 % Zinn und Zusätzen an Kupfer und Nickel, Rest Blei. Die Legierung wird zur Herstellung von kompletten Gußschriften verwendet.

Leu, Abk. für \rightarrow Leuzin.

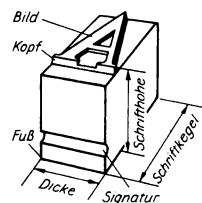
Leuchtdichte, Zeichen B , auch L , die lichttechnische Größe, die den von einer leuchtenden Fläche unter normalen Sehbedingungen hervorgerufenen Helligkeitseindruck bewertet. Die L ist der Quotient aus dem durch eine Fläche in eine bestimmte Richtung hindurchtretenden Lichtstrom und dem Produkt aus dem durchstrahlten Raumwinkel und der zu der betreffenden Richtung senkrechten Flächenprojektion (TGL 0-5031). Die L , die eine nicht selbstleuchtende Fläche durch Reflexion des auftretenden Lichtstromes hat, ist von ihrem Reflexionsgrad (\rightarrow Beleuchtungstechnik) abhängig. Die Einheit der L sind die \rightarrow Candela/Quadratmeter und das \rightarrow Stilb.

Leuchte, \rightarrow Beleuchtungstechnik.

leuchtende Nachtwolken, in etwa 80 km Höhe gelegentlich auftretende Wolken, die nicht selbstleuchtend sind, sondern das Licht der am Beobachtungsort bereits untergegangenen Sonne widerspiegeln. Das Auftreten ist auf Gebiete zwischen 45 und 60° nördlicher und südlicher Breite beschränkt. Ihr Auftreten fällt zeitlich mit Erscheinen periodischer Sternschuppenströme zusammen und steht mit diesen wahrscheinlich im ursächlichen Zusammenhang.

Leuchfeuer, in Küstengewässern, an Küsten, in Häfen oder auf Flughäfen aufgestellte Anlagen mit Lichterscheinungen, die während der Dunkelheit die Navigation ermöglichen.

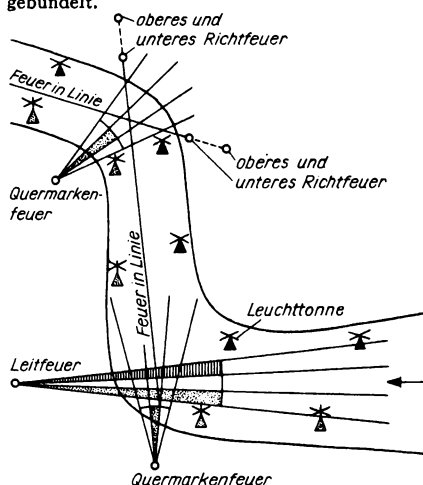
1) In der Schifffahrt verwendet man festgegründete Feuer auf Leuchttürmen, Baken und Dalben und schwimmende L. auf Feuerschiffen und Tonnen. L. werden durch ihre Kennungen unterschieden. Es gibt Festfeuer mit weißem oder farbigem Licht gleichbleibender Stärke und Taktfeuer; diese können folgende Kennungen haben: Unterbrochene Feuer (Schein länger als Verdunkelung), Gleichtaktfeuer (Schein und Verdunkelung gleich lang), Blinkfeuer (Schein mindestens



Letter

2 s, aber kürzer als Verdunkelung), **Blitzfeuer** (Schein höchstens 1 s und kürzer als Verdunkelung), **Funkelfeuer** (40 bis 60 Blitze/min), **Mischfeuer** (Mischung aus verschiedenen Kennungen).

Zur Kennzeichnung eines Fahrwassers bei Dunkelheit werden nach dem **Lateralsystem** (Kennzeichnung der seitlichen Begrenzung) verschiedene L. verwendet. Das **Leitfeuer** kennzeichnet durch Leit- und Warnsektoren ein Fahrwasser, eine Hafeneinfahrt oder einen freien Seeraum zwischen Untiefen. Das **Richtfeuer** besteht aus 2 in geradliniger Verlängerung der Fahrwassermittelpunkte hintereinander aufgestellten Feuern verschiedener Höhe (Oberfeuer und Unterfeuer) mit verschiedenen Kennungen. Das **Quermarkenfeuer** ist ein Festfeuer mit einem roten Drehsektor, der beiderseits von einem weißen Achtungssektor eingeschlossen wird. Innerhalb des roten Sektors ist das Schiff durch Kursänderung aus einem Leit- oder Richtfeuer in ein anderes einzusteuern. Das **Torfeuer** besteht aus 2 Feuern gleicher Höhe, Lichtstärke und Kennung, die symmetrisch zur Fahrwassermittelpunkte aufgestellt sind. Das **Hafen- und Molenfeuer** ist ein an Steuerbordseite einer Einfahrt grünes, an Backbordseite rotes Festfeuer. **Leuchtfeuertonnen** oder **Dalben** mit Feuern verschiedener Kennungen. Die Grenzen des Fahrwassers an der Steuerbordseite durch weiße Blitze in ungerader Zahl, an der Backbordseite durch eine gerade Anzahl von roten Blitzen oder Blinken. **Wrackleuchttonnen** haben grüne Blitze oder Blinken. Die Lichtquellen werden elektrisch betrieben, bei Tonnen mit Petroleum oder Propangas; die Strahlen werden durch Gürtellinsen und Prismen gebündelt.



Befeuerung eines Fahrwassers durch Leuchtfeuer (punktiert = rot, schraffiert = grün). Leitfeuer: befahrbarer Leitsektor weißes Festfeuer, von See kommend Warnsektor an Steuerbord grün, an Backbord rot. Oberes Richtfeuer: Festfeuer weiß, unteres Richtfeuer: unterbrochen oder Blitzfeuer. Quermarkenfeuer: Drehsektor, in dem der Kurs zu ändern ist, rotes Festfeuer, an beiden Seiten liegende Achtungssektoren weißes Festfeuer. Leuchttonnen: von See kommend an Steuerbord weißes Licht mit ungerader Zahl von Blitzen oder Blinken, an Backbord rotes Licht mit gerader Anzahl von Blitzen oder Blinken.

Der Schifffahrt gefährliche Untiefen und Wracks außerhalb betonnter Fahrwasser werden nach dem **Kardinalsystem** durch Tonnen bezeichnet, die durch verschiedene Toppzeichen die Lage der Gefahrenstelle erkennen lassen.

2) Über L. in der Luftfahrt → Flughafenbefeuerungsanlagen.

Leuchtgeräte, in der Geodäsie Geräte zur Signalisierung trigonometrischer Punkte mittels des

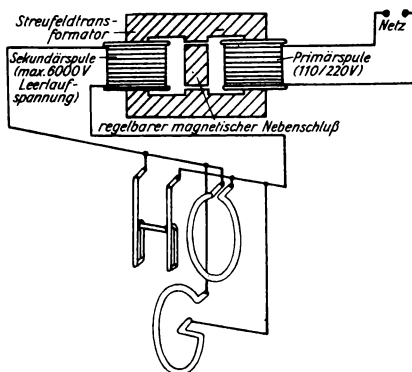
Sonnenlichtes (→ Heliotrop) oder künstlichen Lichts (Scheinwerfer). Die Aufstellungspunkte für die L. werden durch Leuchtschrauben oder -bolzen markiert.

Leucht kondensator, **Flächenlampe**, **Elektrolumineszenzstrahler**, Lichtquelle aus einem Leuchtstoff, der durch ein elektrisches Wechselfeld angeregt wird. Das Wechselfeld wird an einen Kondensator angelegt, dessen eine Platte durch eine Aluminiumfolie und dessen andere durch eine auf eine Glasplatte aufgedampfte durchsichtige Metallhaut oder eine hinreichend leitfähig gemachte Glasplatte allein gebildet wird. Zwischen beiden ist eine etwa 0,1 mm dicke Schicht eines Leuchtstoffes, z. B. Zinksulfid, angebracht. Lichtstrom und in geringem Maße auch die Farbe der Leuchterscheinung hängen von Spannung und Frequenz ab. Die Helligkeit des L.s reicht allerdings nur zur Reklamebeleuchtung, zur Markierung von Verkehrsschildern, Treppenstufen u. a. aus. 37 m² sind erforderlich, um den Lichtstrom einer 60-Watt-Glühlampe zu erreichen. L.en werden bis zu Größen von 60 · 90 cm hergestellt.

Leuchtkraft, die je Sekunde von einem Stern ausgestrahlte Energie. Statt der L. wird häufig auch die ihr äquivalente absolute bolometrische → Helligkeit angegeben. Die L. wird in Erg/Sekunde (erg/s) gemessen. Ein Stern mit der absoluten bolometrischen Helligkeit 0 strahlt $2,72 \cdot 10^{38}$ erg/s aus. Die L. der Sonne beträgt $3,78 \cdot 10^{33}$ erg/s.

Die Angabe einer **Leuchtkraftklasse** charakterisiert bei der → Spektralklassifikation zusätzlich das Spektrum eines Sterns.

Leuchtröhre, eine röhrenförmige → Gasentladungslampe, bei der das Leuchten der positiven Säule (→ Gasentladung) ausgenutzt wird. Im Unterschied zur → Leuchtstofflampe hat die L. Kaltelektroden. Die ersten L.n waren mit einem unedlen Gas, meist Stickstoff (rötlichgelbes Licht) oder Kohlendioxid (weißes Licht), gefüllt und wurden nach dem Erfinder als **Moorelicht** bezeichnet. In der Weiterentwicklung verwendete man Edelgase als Füllgas, hauptsächlich Helium (rötlichgelbes Licht) und Neon (rotes Licht); daher werden die Edelgasleuchtröhren oft als **Neonröhren** bezeichnet. Zusatz von Quecksilber in einer Neonröhre bewirkt blaues und bei gleichzeitiger Verwendung von gelben Glasröhren (Filterwirkung) grünes Licht. Durch zusätzlichen Belag der Glasinnenwand mit Leuchtstoff können die verschiedensten Farbwirkungen erzielt werden. Wegen der zum Betrieb notwendigen hohen Spannung von etwa 1000 V (Volt) je Meter Rohrlänge handelsüblichen Rohrdurchmessers bei etwa 50 bis 100 mA (Milliampere) ist der Ansl. uß an vorhandene Wechselstromnetze von 110 oder 220 V Spannung nur über einen Transformator möglich (Abb.). Die Edelgas-



Anschluß einer Leuchtröhrenreklame

Leuchtröhren dienen heute fast ausschließlich als Lichtreklame, Neonröhren außerdem wegen ihres auch bei trübem Wetter gut sichtbaren Lichtes als Signalbeleuchtung, als Warnlichter und zur Flughafenbefahrung. Da bei den L. oft Leuchtstoffe mit verwendet werden, werden die L.n mit zu den → Leuchtstofflampen gezählt.

Lit. → Leuchtstofflampe.

Leuchtsatz, in der Pyrotechnik ein Gemenge von Stoffen, die unter farbigem oder sprühendem Leuchten verbrennen.

Leuchtschirm, ein mit Leuchtstoffen beschichteter Schirm, der beim Auftreffen unsichtbarer energiereicher Strahlung, z. B. Röntgen-, Kationen- oder ultravioletter Strahlung, aufleuchtet. Er wird z. B. in Elektronenstrahlröhren, in Bildröhren, in Bildwandlern und als Bildschirm beim Durchleuchten mit Röntgenstrahlung verwendet. Durch Auswahl und Mischung entsprechender Leuchtstoffe können der Farbton und die Nachleuchtdauer dem Verwendungszweck angepaßt werden. So wird z. B. durch Variationen von Zinksulfid und Kadmiumsulfid innerhalb der Mischung die ganze Farbskala von Blau bis Rot überstrichen. Für das Fernsehen sind vor allem die mit Mangan, Titan oder anderen Metallen aktivierten Silikate, besonders des Zinks, sowie die mit Zr, Wismut oder Mangan aktivierten Kalziumphosphate von Bedeutung. Zur Erhöhung der Leuchtdichte werden die L.e bei Bildröhren mit einer dünnen Aluminiumschicht versehen, die von schnellen Elektronen (über 10 keV) durchdrungen wird, aber das Licht reflektiert. Für die Maskenröhre werden als blaue Leuchtstoffe silberaktiviertes Zinksulfid oder titanaktiviertes Kalzium-Magnesium-Silikat, als grüner Leuchtstoff manganaktiviertes Zinksilikat und als roter Leuchtstoff europiumaktiviertes Yttriumvanadat verwendet.

Leuchtstoffe, → Lumineszenz.

Leuchtstofflampe, eine als langgestrecktes Glasrohr ausgebildete Quecksilberniederdrucklampe (→ Metaldampflampe). In dem evakuierten Lampenrohr befindet sich ein Quecksilbertropfen, der wegen des geringen Druckes z. T. verdampft. In den Röhrenden sind je eine Elektrode eingeschmolzen, die im Gegensatz zu denen in der Leuchtröhre Glühelktroden sind, d. h. elektrisch auf 1000 °C vorgeheizt werden. Sie tragen einen Belag, der beim Erhitzen in hohem Maße Elektronen aussendet, so daß ein starkes Leuchten entsteht und — im Gegensatz zur Leuchtröhre — ein Betrieb mit Netzspannung möglich ist. Die Rohrwand ist innen mit einem Leuchtstoff überzogen, der von dem intensiven, aber unsichtbaren Ultraviolettanteil der Quecksilberdampf-niederdruckentladung bei 254 nm zur zusätzlichen Lichtaussendung angeregt wird. Dadurch wird die Lichtausbeute noch erhöht. Die Lichtfarbe der L. hängt von der Zusammensetzung des Leuchtstoffbelages ab. Sie wird für Beleuchtungszwecke meist blauweiß, tageslicht-ähnlich und warmgetönt, für Sonderzwecke auch bunt gewählt. L.n müssen mit einem **Glimmzünder** (Starter) versehen sein; zur Zünderleichterung enthalten sie etwas Argon. Der Glimmzünder stellt im Prinzip eine mit Edelgas (Helium-Wasserstoff-Gemisch) gefüllte Glühlampe dar, deren Elektroden die Funktion eines Schalters ausüben. Eine Elektrode ist aus Bimetall gefertigt; die andere bildet gleichzeitig den Schalterkontakt. Die Zündspannung des Zünders muß kleiner als die Netzspannung, aber größer als die Brennspannung der zugehörigen L. sein. Bei deren Einschalten liegt zunächst die gesamte Netzspannung an den geöffneten Kontakten des Glimmzünders. Es setzt eine Glimmentladung ein, die die Bimetallelektrode erwärmt. Ihre Ausbiegung führt zur Kontaktgabe mit der zweiten Elektrode.

Darauf beginnt der zum Vorheizen der Lampenelktroden nötige Heizstrom zu fließen. Gleichzeitig verlischt die Glimmentladung im Zünder, und der Bimetallstreifen kühlt sich ab, so daß der Kontakt wieder geöffnet wird. Der dabei entstehende induktive Spannungsstoß zündet die L. mit den vorgeheizten Elektroden.

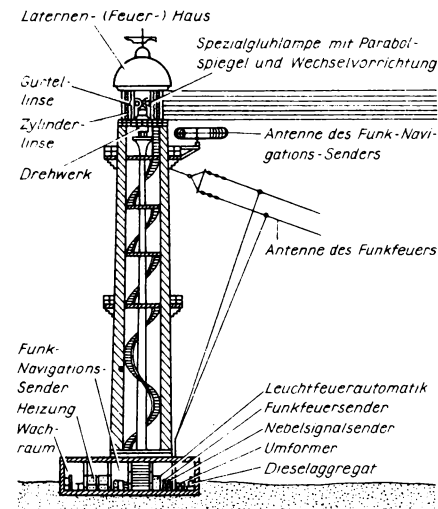
Die L. hat einen Wirkungsgrad von 7 bis 8 %, d. h. einen geringeren Wärmeverlust (kaltes Licht) als die Glühlampe und ist daher wirtschaftlicher als diese, zumal auch ihre Lebensdauer größer ist.

Da heute auch ein Teil der Leuchtröhren innen mit Leuchtstoff belegt wird, faßt man neuerdings Leuchtröhren und L.n unter dem letztgenannten Begriff zusammen und unterscheidet L.n mit **Kaltelektroden** und L.n mit **Glühelktroden**. L.n mit Glühelktroden sind gegenüber solchen mit Kaltelektroden hinsichtlich der Lichterzeugung wirtschaftlicher und haben größere Lebensdauer, solange man sie nicht zu oft ein- und ausschaltet, da bei jedem Zündvorgang die Glühelktroden stark belastet werden. Nach der Höhe der Betriebsspannung unterscheidet man **Niederspannungs-, Mittelspannungs- und Hochspannungsleuchtstofflampen**. Für Niederspannung können nur L.n mit Glühelktroden verwendet werden.

Lit. Nell u. Neumann: Beleuchtungstechnik mit L.n und Leuchtröhren (Leipzig 1952); Spangenberg: Neonleuchtröhrenanlagen für Lichtreklame und moderne Beleuchtung (Berlin 1956).

Leuchttechnik, ein Teilgebiet der → Lichttechnik. Sie hat die Entwicklung und den Bau technisch brauchbarer Lichtquellen zur Aufgabe. Ziel ist, Lichtquellen mit einer möglichst hohen Lichtausbeute zu schaffen.

Leuchtturm, ein Seezeichen in Form eines Turmes aus Mauerwerk, Beton oder Stahl, der an oder vor der Küste im Wasser (hier meist auf Untiefen) steht. Er trägt im Kopf ein → Leuchtfeuer mit einer besonderen Kennung, das den Schiffen bei Nacht zur Ansteuerung und Ortung dient. Bauart, Form, Farbe, Lichterkennung und Nebelsignale eines jeden L.s sind im Verzeichnis der Leuchtfeuer und Signalstellen beschrieben. Als Lichtquellen dienen elektrische Bogenlampen, vielkerzige Glühlampen, aber auch noch Petroleumlampen, da ihr Licht gelbe Strahlen enthält, die den Nebel besser durchdringen als weißes Licht. Zur Erzeugung des weitreichenden Lichtstrahles werden hauptsächlich Fresnel-



Leuchtturm im Schnitt (Warnemünde)

Leukobasen

sche Gürtellinsen verwendet, hinter denen im Brennpunkt die Lichtquelle angeordnet ist, mitunter auch Scheinwerfer mit Spiegeln aus optischem Glas (bis 2 m Durchmesser). Um einen regelmäßig unterbrochenen Lichtschein zu gewinnen, werden mehrere Fresnel-Linsen in einem regelmäßigen Viereck angeordnet und durch einen Motor um eine senkrechte Achse gedreht. Für Blinkfeuer werden noch Blendenteile zwischen-geschaltet, oder man setzt unmittelbar vor die Optik jalousieartige Blenden. Die Sichtweite eines 50 m hohen Lichtes beträgt bei 5 m Augenhöhe (Höhe des Beobachters über Wasserspiegel) 19,4 sm = 36 km.

Leukobasen, Reproduktionsprodukte chinoider Farbstoffe. Sie selbst sind vielfach farblos, gehen aber durch Einwirkung des Sauerstoffs aus der Luft in den Farbstoff über.

leukokrat, Bezeichnung für Eruptivgesteine, bei denen helle, silizium- und aluminiumreiche Minerale, wie Quarz und Feldspat, vorherrschen, z. B. Granit, Liparit, Aplit. Gegensatz: → melanokrat.

Leukometer, ein Gerät zur photoelektrischen Messung des Reflexionsgrades weißer und heller Objekte oder zum Bestimmen der Weißlichkeit, d. i. der Grad der Annäherung an Unbunt, unabhängig vom Farbton einer Probe; in Verbindung mit Farbfiltern auch zur Kontrolle der Gleichmäßigkeit eines Farbtons. Das L. kann überall dort eingesetzt werden, wo Rückstrahlung und Weißlichkeit möglichst genau ermittelt werden soll, z. B. in Papierfabriken, Zellstoff- und Textilindustrie, Farbwerken, Mühlen, Zuckerraffinerien u. a. Die Einstellung der Meßtrommel gibt ein Maß für die gesamte Rückstrahlung der Probe. Durch Einschalten von Lichtfiltern kann die Rückstrahlung auch in einzelnen Spektralgebieten bestimmt werden.

Leukosaphir, ein → Korund.

Leuonalspeter, → Stickstoffdüngemittel.

Leuzin, abg. **Leu**, α -Aminoisokapronsäure, $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$, eine essentielle Aminosäure. L. findet sich reichlich in Eiweißstoffen, besonders in Serumalbuminen und -globulinen. Aus L. und dem isomeren **Isoleuzin** (α -Amino- β -methyl-valeriansäure), abg. **Ile**, entstehen bei der alkoholischen Gärung die Gärungsamylalkohole. Isoleuzin kommt vor allem in der Melasse, im Hämoglobin, Kasein sowie in den Protaminen und Serumproteinen vor.

Leuzit, ein → Feldspatvertreter.

Lewisit, insbesondere α -Lewisit, Deckbezeichnung für als chemischer Kampfstoff verwendetes Chlorvinylarsindichlorid, ein Hautgift. Als Gegen-gift wurde im II. Weltkrieg in England **BAL** (Abk. von **British Anti-Lewisit**) entwickelt, chemisch 1,2-Dithioglycerin.

Lezithine, zu den Phosphatiden gehörende fett-ähnliche Stoffe. Im Lezithinmolekül liegt ein gemischter Ester des Glycerins mit Phosphorsäure und höheren Fettsäuren (Palmitinsäure, Stearinsäure, Ölsäure u. ä.) vor. Die Phosphorsäure ist außerdem noch mit Cholin verestert. L. kommen in allen Körperzellen, besonders in Gehirn-, Nerven-, Muskelzellen, und sehr reichlich im Eigelb sowie in rohen Naturfetten und -ölen vor. Sie sind wichtig für den Fettstoffwechsel. L. sind am Aufbau der Zellmembran der roten Blutkörperchen beteiligt. Bienen- und Skorpion-gift sowie gewisse Schlangengifte enthalten Fermente (Phosphatidasen), die aus den L. ein Molekül Fettsäure unter Bildung der Lysolezithine abspalten. Diese bewirken den Austritt des roten Blutfarbstoffes aus den roten Blutkörperchen (Hämolyse). Die Gewinnung von L. erfolgt vor allem durch Extraktion lezithinreicher Pflanzenfette (z. B. Sojaöl). Man verwendet die L. z. B. bei der Margarineherstellung, in der Leder-,

Textil- und Seifenindustrie sowie in großen Mengen als Futtermittel.

Ähnlich gebaut wie die L. sind die **Kephaline**, die an Stelle des Cholins Monoäthanolamin (Kollamin) oder die Aminosäure Serin enthalten. L. und Kephaline kommen stets gemeinsam vor. Sie sind teilweise an Eiweiß gebunden (Lipoproteide).

LF, Abk. für Low Frequency, → Frequenz.

L-Forming-Verfahren, → Reformieren.

LH, Abk. für Luteinisierungshormon, → Hormone.

Li, Symbol für → Lithium.

Lias, → Jura.

Libelle, → Wasserwaage.

Licht, eine Energieart, die sich in Form von elektromagnetischen Wellen ausbreitet (→ Lichttheorien). Das mit dem Auge wahrnehmbare L. umfaßt den Spektralbereich von etwa 380 nm bis 780 nm Wellenlänge; an dieses Gebiet des sichtbaren L.s schließt sich das des ultraviolett (kürzere Wellen) und das des infraroten (längere Wellen) an (→ elektromagnetische Schwingungen).

Die Lichtempfindung beruht auf einer Reizung der in der Netzhaut des Auges endenden Sehnerven und der Weiterleitung dieser Erregung zum Gehirn. Mit diesem Vorgang und dem dabei entstehenden Farbeindruck befaßt sich die physiologische Optik, während die physikalische Optik die Entstehung des L.s und seine Ausbreitung untersucht. Wird hierbei der Wellencharakter vernachlässigt und die Lichtausbreitung in Form geradliniger, unendlich dünner Strahlenbündel aufgefaßt, so spricht man speziell von geometrischer Optik.

Ein Körper, der L. aussendet, heißt Lichtquelle. Am häufigsten wird L. durch hohe Temperaturen erzeugt (Temperaturstrahlung), alle übrigen Leuchterscheinungen werden mit dem Sammelnamen Lumineszenz bezeichnet. Fälschlich werden auch reflektierende Körper, z. B. der Mond, die Planeten, als Lichtquellen bezeichnet.

Wird das L. der verschiedenen Lichtquellen spektral zerlegt, so erhält man bei glühenden festen Körpern und geschmolzenen Metallen ein kontinuierliches Spektrum, bei zum Leuchten angeregten Gasen hingegen ein Linienspektrum. Verwendet man nur eine einzige Linie eines Spektrums, so erhält man monochromatisches L., d. h. einfarbiges L. (→ Monochromator).

Trifft L. auf ein dichtes Medium, so wird ein Teil zurückgeworfen (→ Reflexion), ein Teil verschluckt, d. h. in andere Energieformen (Wärme, inneratomare Energie) umgewandelt (→ Absorption), und ein Teil hindurchgelassen. Beim Durchgang durch dichte Medien hat L. im allgemeinen eine geringere → Lichtgeschwindigkeit c als im Vakuum ($c_0 \approx 300\,000 \text{ km s}^{-1}$); es gilt $c = c_0/n$; n ist die Brechzahl, eine für den betreffenden Stoff charakteristische Konstante. Bei schrägem Einfall auf die Trennfläche zwischen Medien mit verschiedenen Brechzahlen entsteht eine Richtungsänderung (→ Brechung). Auf dieser Erscheinung beruht die Wirkungsweise der Linsen. Da die Brechzahl auch von der Wellenlänge abhängt (→ Dispersion), findet bei Brechung gleichzeitig eine Zerlegung nach Wellenlängen statt (→ Spektrum, → Spektroskopie). Kohärentes L., d. h. L., das von einer Lichtquelle ausgeht und daher im gleichen Schwingungszustand ist, kann zur → Interferenz gebracht werden: Zwei sich überlagernde Wellenzüge gleicher Art schwächen oder verstärken sich je nach Phasenlage zueinander. L. verschiedener Wellenlänge wird vom Auge als verschiedenfarbig empfunden; kurzwelliges L. ruft den Eindruck Blau, langwelliges Rot hervor. Eine Mischung aller Wellenlängen in bestimmtem Verhältnis wird als Weiß angesprochen (weißes Glühlicht). Gleiche Farbeindrücke können jedoch auf verschiedene Weise hervorgerufen werden (→ Farbe).

Lit. → Optik.

Lichtäquivalent, mechanisches L., das Verhältnis einer bei der Wellenlänge maximaler Hellempfindlichkeit ($\lambda = 555 \text{ nm}$) abgegebenen monochromatischen Strahlungsleistung zu dem von ihr hervorgerufenen Lichtstrom. Es beträgt etwa $0,00147 \text{ W lumen}^{-1}$ (Watt/Lumen, \rightarrow Lichttechnik). Danach ist bei einer Lichtwellenlänge von 555 nm , der Stelle höchster Augenempfindlichkeit, 1 Watt Strahlung gleichwertig einem Lichtstrom von 680 lm , bzw. zum Erzeugen eines Lichtstromes von 1 lm ist eine in Form von Strahlung aufzubringende Leistung von $0,00147 \text{ W}$ nötig. Der reziproke Wert des L_s ist das \rightarrow photometrische Strahlungsäquivalent.

Lichtausbeute, Zeichen η , der Quotient aus abgestrahltem Lichtstrom und der zu seiner Erzeugung aufgewendeten Leistung (TGL 0-5031). Sie charakterisiert den Wirkungsgrad einer Lichtquelle und damit die Wirtschaftlichkeit, mit der sie die zugeführte Leistung in Licht umsetzt. Die Einheit der L_s ist das \rightarrow Lumen/Watt.

Lichtausstrahlung, \rightarrow spezifische Lichtausstrahlung.

Lichtbogen, \rightarrow Gasentladung.

Lichtbogenofen, ein \rightarrow Elektrofen.

Lichtbogenzerspanen, eine Form des \rightarrow Warmzerspanens.

Lichtdruck, 1) graphische Technik: ein auf der Lichtempfindlichkeit von Chromsalzen beruhendes \rightarrow Druckverfahren. Auf eine dicke, mit einer Haftschrift versehene, mattierte Spiegelglasscheibe wird ein Film lichtempfindlicher Chromgelatine aufgegossen. Nach dem Trocknen wird die Platte unter einer Negativvorlage belichtet und dann ausgewässert, so daß auf der Oberfläche ein feines Runzelkorn entsteht und die unbelichteten Teile aufquellen; die belichteten Stellen dagegen sind unlöslich geworden, und zwar im Verhältnis zur Stärke der Tonwerte des Negativs. Walzt man nun die Druckplatte mit strenger (zäher) Farbe ein, so wird diese an den aufgequollenen Stellen vollständig abgestoßen, an den belichteten Stellen dagegen mehr oder weniger stark angenommen. Der L_s wird für Reproduktion von Gemälden u. a. in geringer Auflagenhöhe verwendet, da die Zahl der möglichen Abdrucke von einer Druckplatte nur wenige Hundert beträgt. Er gibt die Zeichnung sehr scharf wieder. Der **Mehrfarbenlichtdruck** zeichnet sich durch sehr originalähnliche Wirkung aus.

Lit. \rightarrow Druckverfahren.

2) Physik: svw. \rightarrow Strahlungsdruck.

Lichte Höhe, **Höhe im Lichten**, der lotrecht gemessene innere Abstand zwischen zwei Kanten, die nutzbare innere Höhe einer Öffnung. **Lichte Weite**, **Weite im Lichten**, der waagrecht gemessene innere Abstand zwischen zwei Wänden, die nutzbare Weite einer Öffnung. Unterschied: \rightarrow Spannweite.

Lichteinheit, svw. Einheit der Lichtstärke. Bis einschließlich 1947 galt als Lichteinheit die \rightarrow **Hefner-Kerze** (Kurzz. HK). Ihr Wert wurde durch die Lichtstärke einer leicht und doch normgerecht herstellbaren Dochtlampe dargestellt. 1948 wurde als L_s die \rightarrow **Neue Kerze** (Kurzz. NK) international eingeführt mit der Vereinbarung, daß die Leuchtdichte des \rightarrow Schwarzen Körpers bei der Temperatur des erstarrenden Platins ($2042,5^\circ \text{K}$) den Wert 60 Stilb haben soll. Seit 1949 wird die sich hieraus für eine Fläche von 1 cm^2 ergebende Lichtstärkeeinheit nicht mehr als Neue Kerze, sondern als \rightarrow **Candela** (Kurzz. cd) bezeichnet. Die Zahlenbeziehung zwischen Hefner-Kerze und Candela ist von der Lichtfarbe der Lichtquellen abhängig.

lichtelektrischer Effekt, **Photoeffekt**, Bezeichnung für eine Reihe von Erscheinungen, bei denen die elektrischen Eigenschaften von Stoffen durch Bestrahlung mit elektromagnetischen Wellen, insbesondere mit sichtbarem, ultraviolettem oder

infrarotem Licht, aber auch mit Röntgenstrahlung oder radioaktiver Strahlung verändert werden. Von Wichtigkeit sind besonders drei lichtelektrische Effekte.

1) **Äußerer I. E.**, die Abtrennung von Elektronen aus der Oberfläche des bestrahlten Stoffes. Diese Erscheinung wurde 1888 von dem Physiker Hallwachs an Metallen entdeckt (daher auch **Hallwachs-Effekt** genannt) und 1905 von Einstein mit Hilfe der Quantentheorie erklärt; sie wurde so zum ersten unmittelbaren Beweis der modernen Lichtquantentheorie (\rightarrow Photonen). Die Einsteinsche Energiegleichung lautet: $h \cdot \nu = A + m v^2/2$ (A = Austrittsarbeit, m = Elektronenmasse, v = Geschwindigkeit der abgelösten Elektronen). ν hängt also nur von ν ab, während die Anzahl der abgelösten Elektronen – der Photostrom – nur von der Lichtintensität abhängt.

2) **Innerer I. E. oder Photoleitungseffekt**, die Erzeugung oder Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit eines festen Körpers bei Bestrahlung mit Licht. Dieser Effekt wird verursacht durch die Ablösung von Elektronen aus den Atomen im Inneren des Stoffes. In die Sprache des Bändermodells übersetzt heißt das demzufolge: Ein eingestrahles Lichtquant kann seine Energie $E = h \cdot \nu$ an ein Elektron abgeben, wenn $E \geq \Delta E$ (ΔE = Breite des verbotenen Energiebereiches). Hierdurch wird dieses Elektron aus dem Valenzband ins Leitungsband gehoben. ΔE stellt somit die Grenzenergie für den inneren lichtelektrischen E. dar. Bei sehr energiereicher Strahlung, z. B. Röntgenstrahlung, kann ein Multiplikationseffekt auftreten, d. h., ein eingestrahles Quant kann mehrere Elektronen ins Leitungsband heben. Die so entstandenen Ladungsträgerpaare (Elektronen im Leitungsband, Defektelektronen im Valenzband, \rightarrow Halbleiter) übernehmen bei Anlegen einer äußeren Spannung den Stromtransport durch den Kristall. Man spricht hier von **lichtelektrischer Halbleitung**, weil die Vorgänge denen im Halbleiter (bei thermischer Anregung) gleichen.

Eine elektrische Spannung, die den Stromfluß von selbst bewirkt, tritt durch die Lichteinstrahlung nicht auf, im Gegensatz zum äußeren Photoeffekt, bei dem der Stromfluß bereits ohne eine Hilfsspannung beginnt.

3) **Sperrschichtphotoeffekt**, die Ablösung von Elektronen im Inneren eines Halbleiters (z. B. Selen, Germanium, Silizium), der an eine Sperrschicht grenzt, die den Elektronenfluß nur in einer Richtung zuläßt, z. B. in der Sperrschichtphotozelle. Bei Lichteinstrahlung entsteht hier eine photoelektrische Spannung, so daß der Elektronenstrom (Photostrom) von selbst fließt (Photoelement).

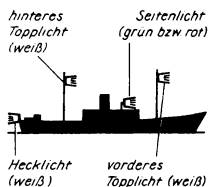
Die drei Effekte finden weitgehende wissenschaftliche und technische Anwendung, vor allem in der Steuerungs- und Regeltechnik (\rightarrow photoelektrische Bauelemente). Außer ihnen kennt man noch einige andere Erscheinungen, die aber bisher praktisch kaum genutzt wurden, z. B. den **Kristallphotoeffekt**, d. i. die Entstehung einer elektrischen Spannung beim Belichten bestimmter Einkristalle.

Lit. Simon u. Suhrmann: Der lichtelektrische E. und seine Anwendungen (2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958); Görlisch: Photoeffekte, 2 Bde (Leipzig 1962/63).

lichtelektrische Zellen, ursprünglich andere Bezeichnung für Photozellen, heute veraltet für \rightarrow photoelektrische Bauelemente. \rightarrow Photozellen, \rightarrow Photowiderstand, \rightarrow Photoelement, \rightarrow Photodiode und \rightarrow Phototransistor.

Lichtempfindlichkeit, \rightarrow Empfindlichkeit.

Lichtentfernungsmesser, ein Gerät zur elektronischen \rightarrow Streckenmessung.



Lichterführung auf einem Dampfer in Fahrt (Länge über 45 m)

Lichter, in der See- und Luftfahrt Lampen, die bei Dunkelheit die Lage und Fahrtrichtung sowie Art und Größe von Schiffen bzw. die Lage und Flugrichtung von Luftfahrzeugen kenntlich machen. Jedes Schiff und jedes Luftfahrzeug führt an beiden Seiten je ein **Seitenlicht** (**Positionslicht**), das an Steuerbordseite grün, an Backbordseite rot ist, sowie ein weißes **Hecklicht**. Bei Schiffen sind die Seitenlichter meist am Brückenhäus angebracht. Mit Maschinenkraft bewegte Schiffe müssen außerdem ein weißes **Topplicht** am Mast oder am Schornsteinrand führen, bei einer Länge über 45 m zusätzlich ein zweites Topplicht am hinteren Mast führen. Außer Seitenlichtern und Hecklicht ist weitere Lichterführung für Fischereifahrzeuge beim Fang, für verankerte und manövrierunfähige Fahrzeuge usw. vorgeschrieben. Bei Luftfahrzeugen befinden sich die Seitenlichter an den Tragflügelspitzen. Drehflügler haben außer Seitenlichtern und Hecklicht weiße L. an den Rotorblattspitzen. Luftfahrzeuge, die internationale Luftstraßen benutzen, haben Blinklichter mit wechselnder Farbe; im Abstand von 2 s erscheinen dabei an Stelle der roten und grünen Seitenlichter weiße L. und an Stelle des weißen Hecklichtes ein rotes Licht.

Lichtfilter, svw. → optische Filter.

Lichtfischerei, → Fischfangmethoden.

Lichtgeschwindigkeit, allgemein die Phasengeschwindigkeit des Lichtes in einem Medium. Insbesondere wird mit L. die Geschwindigkeit c_0 des Lichtes im Vakuum bezeichnet. Sie ist eine der wichtigsten physikalischen Größenarten. Die L. ist die größtmögliche Geschwindigkeit für den Transport von Energie und Masse und daher die Grenzgeschwindigkeit für Signalübertragung (→ Überlichtgeschwindigkeit). Für bewegte Massen ist die L. nur asymptotisch erreichbar.

Die letzten Ergebnisse (1950) sind: $c = 299\,792,7 \pm 0,25 \text{ km s}^{-1}$, gemessen von Bergstrand mittels Kerrzelle; $299\,792,5 \pm 3 \text{ km s}^{-1}$, gemessen von Essen an stehenden cm-Wellen in einem Hohlraumresonator.

Lichthof, **Halo**, als Kranz oder helle Umrandung auftretende Überstrahlungserscheinung, die beim Fotografieren kleiner heller Objekte als **Reflexionslichthof** durch Reflexion des Lichtes an der Grenzfläche zwischen Luft und Film oder Glas oder als **Diffusionslichthof** durch Beugung des Lichtstrahls an den in der photographischen Schicht enthaltenen Silberhalogenidkörnchen zustande kommt. Zur Vermeidung des Reflexionshofes dienen stark gefärbte Rück- und Unterschichten oder eine leichte Graufärbung der Filmunterlage.

Lichtthupe, eine Vorrichtung bei Kraftfahrzeugen, mit der z. B. beim Überholen durch Aufleuchten des Fernlichtes des normalen Kraftfahrzeugscheinwerfers optische Warnzeichen gegeben werden, die auch bei Tag vom Fahrer des vorausfahrenden Fahrzeuges im Rückspiegel wahrnehmbar sind. Die L. läßt sich unabhängig davon, ob die Beleuchtungseinrichtungen des Kraftfahrzeuges ein- oder ausgeschaltet sind, durch einen besonderen Schalter ähnlich dem für akustische Warnzeichen (z. B. Druckring, Druckknopf oder Kombination mit Blinkerschalter) betätigen.

Lichtjahr, Kurz. **Lj**, nicht gesetzliche Einheit der Länge in der Astronomie für Entfernungsangaben bei Sternen. 1 L. ist die Entfernung, die das Licht im Vakuum während eines tropischen Jahres zurücklegt. $1 \text{ Lj} = 9,4605 \cdot 10^{14} \text{ km} = 63\,240 \text{ AE}$ (astronomische Einheiten) $= 0,3068 \text{ pc}$ (Parsec).

Lichtlandematte, → Flughafenbefeuerungsanlagen.

Lichtmaschine, ein kleiner selbsterregter Gleichstrom-Nebenschlußgenerator. Die L. ist an stationären und dem Antrieb von Fahrzeugen dienenden Kraftmaschinen, insbesondere Verbren-

nungsmotoren, angebracht und wird von diesen mechanisch (meist über Keilriemen) angetrieben. Die L. dient zur Deckung des Eigenbedarfes der Kraftmaschine an elektrischer Energie (z. B. für Zündung), zur Versorgung sämtlicher Verbraucher elektrischer Energie, die auf dem Fahrzeug vorhanden sind, sowie zum Aufladen der Batterie. Diese muß die zum Anlassen des Verbrennungsmotors und zur Beleuchtung bei nachts abgestelltem Fahrzeug erforderliche Energie liefern und die kurzzeitig benötigte große Leistung des Anlassers aufbringen können. L.n werden für Leistungen von 30 bis etwa 2000 W mit den Nennspannungen 6, 12 oder 24 V gebaut. Moderne L.n werden als Wechselstromlichtmaschinen ausgeführt. Ihr Vorteil besteht außer in dem geringeren Platzbedarf und der geringeren Masse darin, daß sie keinen Kommutator benötigen und damit wartungsarm sind. Die Wechselstromlichtmaschine gibt bei Motorleerlauf schon 80 % der Nennleistung ab.

Lichtmenge, gelegentlich auch **Lichtarbeit** genannt, Zeichen Q , das Produkt aus dem von einer Lichtquelle ausgehenden → Lichtstrom und der Zeit, während der er ausgestrahlt wird. Die L. einer Lichtquelle ist also die in Lichtform geleistete Arbeit derselben. Einheit der L. ist die → Lumenstunde.

Lichtmühle, ein auf 10^{-1} bis 10^{-2} Torr evakuierter Glaskolben, in dem sich ein leicht drehbares Flügelrädchen befindet. Dieses dreht sich bei Bestrahlung derart, daß die geschwärtzten (berußten) Flächen vor dem Licht zurückweichen. Die Kraftwirkung beruht auf dem Impuls der reflektierten Gasmoleküle. Die berußten Flächen der Flügel erwärmen sich bei Lichteinfall stärker als die unberußten und erteilen deshalb den an ihnen reflektierten Gasmolekülen einen größeren Impuls. Die L. ist der Vorgänger des → Radiometers.

Lichtpause, die durch Lichteinwirkung hergestellte Vervielfältigung einer Strichzeichnung u. a. Man spannt das mit Tusche oder Bleistift auf Transparentpapier ausgeführte Original auf lichtempfindliches (Lichtpaus-) Papier und läßt eine entsprechende Zeit Kunstlicht, seltener Sonnenlicht darauf fallen. Je nach der Entwicklung und weiteren Behandlung erhält man ein Negativ oder ein Positiv. Das **Diazotypie-Verfahren**, ein Positiv-Lichtpausverfahren, beruht auf der Lichtempfindlichkeit der Diazoverbindungen. Diese Verbindungen zerfallen durch Lichteinwirkung (wobei Stickstoff frei wird) und können sich dann nicht mehr wie üblich mit Azokomponenten zu Azofarbstoffen kuppeln. Dadurch entsteht eine direkt positive Kopie.

Lichtpunktabtastung, → Fernsehen.

Lichtquanten, svw. → Photonen.

Lichttraumprofil, die vorgeschriebene Umgrenzung des lichten Raumes über und zu beiden Seiten von Eisenbahngleisen, der für die ungehinderte Durchfahrt der Fahrzeuge frei gehalten werden muß. So beträgt bei Hauptgleisen die größte Höhe 4,80 m über Schienenoberkante, die größte Breite 5,00 m; auf Strecken mit Oberleitung ist für neue Überbauten eine Höhe von 5,50 m vorgeschrieben. Etappenweise wird bei der Deutschen Reichsbahn das neue Regellichtraumprofil 1-SM/DR eingeführt.

Lichtschnittgerät, ein Oberflächenmeßgerät, → Oberfläche.

Lichtschranke, eine in der Elektronik gebräuchliche Vorrichtung, in der ein in einer Lichtquelle erzeugter sichtbarer oder unsichtbarer Lichtstrahl (ultraviolette oder infrarote Licht) direkt oder über Umlenkspiegel auf ein photoelektrisches Bauelement (Photozelle, Photoelement, Photodiode oder Photowiderstand) fällt, dem ein elektronischer Verstärker nachgeschaltet ist. Wird

die „Schranke“, d. h. der Lichtstrahl, durch eine Person, ein Tier oder einen Gegenstand unterbrochen, so löst die Änderung der Lichtsignals in dem photoelektrischen Bauelement ein optisches oder akustisches Warzeichen aus bzw. bewirkt das Ein- oder Ausschalten bestimmter Geräte oder Anlagen. L.n werden z. B. verwendet zum automatischen Einschalten von Rolltreppen, Türöffnern oder Schaufensterbeleuchtungen, zum Auslösen von Alarmen in Diebstahl- oder Einbruchsicherungsanlagen, in Verbindung mit Zählwerken zur automatischen Zählung. Ferner dienen L.n dem Arbeitsschutz an Werkzeugmaschinen, indem sie diese abschalten, wenn ein Gegenstand sich im Weg des Schlag-, Schneidewerkzeuges u. dgl. befindet.

Lichtsetzmaschine, → Setzen.

Lichtspieltechnik, → Filmtechnik.

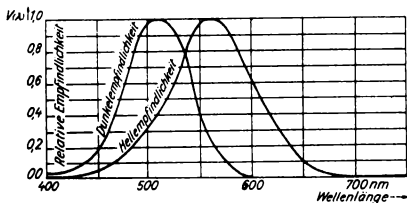
Lichtstärke, 1) Zeichen I , die Intensität, mit der eine Lichtquelle in eine betrachtete Richtung strahlt. Die I ist der Quotient aus dem Lichtstrom, der von einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung ausgestrahlt wird, und dem von ihm durchstrahlten → Raumwinkel (TGL 0-5031). Diese Definition trifft exakt nur für punktförmige Lichtquellen zu. Die Einheit der I ist die → Candela.

2) relative L , das Öffnungsverhältnis eines Objektivs, d. h. das Verhältnis des Durchmessers der wirksamen Öffnung d zur Brennweite f : $\frac{d}{f}$.

Lichtstrom, Zeichen Φ oder F , eine lichttechnische Größe, die dazu dient, die Strahlungsleistung einer Lichtquelle eindeutig einzuschätzen. Der L ist der dem spektralen Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen $V(\lambda)$ getreu bewertete Strahlungsfluß der Lichtquelle (TGL 0-5031). Den von einer Lichtquelle insgesamt ausgehenden L nennt man ihren **Gesamtlchtstrom**. Von **Teillichtströmen** spricht man, wenn die Ausstrahlung in einen begrenzten → Raumwinkel gemeint ist. Die Einheit des L s ist das → Lumen.

Lichttechnik, die Technik der wirtschaftlichen und zweckmäßigen Erzeugung und Anwendung von Licht. Teilgebiete der L . sind → Photometrie, → Leuchttechnik und → Beleuchtungstechnik.

Die Grundlage der L . sind die lichttechnischen (oder photometrischen) Größen und Einheiten. Unter Licht ist derjenige Anteil der elektromagnetischen Strahlung zu verstehen, der auf das Auge wirkt. Die Empfindlichkeit des Auges ist von der Wellenlänge des Lichtes abhängig. Für das helladaptierte Auge (→ Adaptation) wird diese Lichtempfindlichkeit durch die Kurve der spektralen Hellempfindlichkeit (Abb.) wiedergegeben, die etwa im Bereich von 400 nm (Violett) über Blau und über das mit 1,0 bezeichnete



Kurven der spektralen Augenempfindlichkeit

Maximum im Grün gelben bei 555 nm bis ins äußerste Rot bei 760 nm reicht. Für das dunkeladaptierte Auge gilt eine andere Kurve mit dem Maximalwert bei etwa 505 nm. Die **lichttechnischen Größen** (→ Beleuchtungsstärke, → Beleuchtung, → Leuchtdichte, → Lichtausbeute, → Lichtmenge, → Lichtstärke, → Lichtstrom, → spezifische Lichtausstrahlung) sind auf die Hellempfindlichkeit bezogen und ergeben sich

unter Berücksichtigung dieser Größen aus den Strahlungsgrößen.

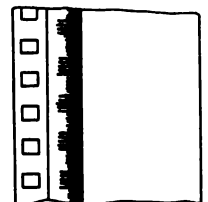
Lit. Köhler: L. (Berlin 1952); Wahl: L. (Leipzig 1953).

Lichttheorien, Vorstellungen über das Wesen des Lichts. Newton (1643–1727) sah das Licht als unendlich feinen, von der Lichtquelle ausgesandten Stoff an (*Newtonsche Korpuskulartheorie*). Mit dieser Theorie lassen sich die geradlinige Ausbreitung und die Reflexion erklären. Bei der Erklärung der Brechung kam Newton zu dem irrigen Schluß, daß sich das Licht in einem stofflichen Medium schneller fortpflanzen müsse als im Vakuum. Etwa um die gleiche Zeit stellte Huygens (1629–1695) die *Wellentheorie des Lichts* auf: Schwingende Teilchen in der Lichtquelle setzen den allgegenwärtigen *Lichtäther* in Schwingungen, die sich als Wellen ausbreiten. Jeder Punkt des Wellenfeldes kann als Erregungszentrum einer neuen Welle angesehen werden (→ Huygenssches Prinzip). Mit der Wellentheorie lassen sich neben der Reflexion und Brechung auch die Interferenz und Beugung sinnvoll erklären. Die Polarisierbarkeit des Lichtes wurde etwas später von Fresnel durch die Annahme einer transversalen Ätherschwingung gedeutet.

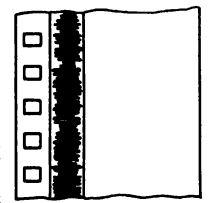
An die Stelle der mechanischen Vorstellung eines elastischen Äthers wurde von Maxwell (1831–1879) das elektromagnetische Feld gesetzt. Das Licht ist also ein *elektromagnetischer Wellenvorgang*, der den Maxwell'schen Gleichungen der Elektrodynamik (→ Elektromagnetismus, → Lichtvektor) genügt. Die Geschwindigkeit dieser Wellenausbreitung, etwa $300\,000\text{ km s}^{-1}$ (→ Lichtgeschwindigkeit), wurde richtig abgeleitet. Eine Erklärung des lichtelektrischen Effektes und des Compton-Effektes ist jedoch aus der klassischen Wellentheorie nicht möglich. Einstein (1879–1955) erkannte die Bedeutung des Planckschen Wirkungsquantums beim lichtelektrischen Effekt und schloß hieraus, daß eine Lichtstrahlung der Frequenz f aus Energiequanten $E = hf$ bestünde. Die Annahme von *Lichtquanten* (*Photonen*) ermöglichte in der Folgezeit in Verbindung mit der Bohrschen Atomtheorie die Deutung der Atom- und Molekülspektren. Die Lichtquantentheorie kann jedoch die elektromagnetische Wellentheorie nicht ersetzen, sondern beide Beschreibungen ergänzen sich: Die Wellentheorie beherrscht alle Erscheinungen der Lichtausbreitung, die Lichtquantentheorie die unmittelbaren Wechselwirkungen zwischen Licht und Stoff, also die Vorgänge der Erzeugung und Auslöschung von Licht. Die beiden Theorien sind Modellvorstellungen, die für sich allein den wahren Vorgang nur ungenügend beschreiben (→ Dualismus von Welle und Korpuskel). — Eine umfassendere Theorie, die beide Vorstellungen weitgehend vereinigt, wird durch die → Quantentheorie der Felder gegeben.

Lichttonkamera, → Lichttonverfahren.

Lichttonverfahren, Verfahren für die photographischen Schallaufzeichnungen auf Ton-Negativfilm. Die vom Mikrophon aufgenommenen und im Magnetband oder Magnetfilm gespeicherten akustischen Signale werden bei der Umspielung im Wiedergabekopf des Magnetband- oder Magnetfilmgerätes in Stromschwankungen umgewandelt. Diese Stromschwankungen werden einer **Lichttonkamera** zugeführt, die aus Filmtransporteinrichtungen, Tonoptik und Lichtsteuergerät besteht. In Ausnahmefällen werden die durch die akustischen Signale im Mikrophon erzeugten Stromschwankungen nach vorheriger Verstärkung von der Lichttonkamera direkt aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen erfolgen meist nach dem Transversalverfahren (*Zackenschrift* oder *Amplitudenschrift*), in seltenen Fällen auch nach dem Longitudinalverfahren (*Sprossenschrift* oder *Intensitätsschrift*).



a



b

Lichttonaufzeichnung: a Einzackenschrift, b Doppelzackenschrift

a) Beim Transversalverfahren bildet die Tonoptik (Niedervolt-Projektionsglühlampe, Kondensor und Spaltoptik) durch eine Zackenblende auf dem gleichmäßig transportierten Film einen feinen Lichtspalt ab, der durch das Lichtsteuergerät im Rhythmus der Stromschwankungen abgedeckt wird. Je nach der Form der Zackenblende erhält man eine Einzacken-, Doppelzacken- oder Mehrzackenaufzeichnung. Das Lichtsteuergerät (Lichtbahn) ist ein elektrischer Leiter in Schleifenform mit aufgesetztem Spiegel, der sich bei Stromdurchgang wie ein Schleifenzosillograph im Felde eines Magneten um die Längsachse bewegt. Dabei entsteht eine in der Breite sich ändernde photographische Aufzeichnung. Bei dem im Transversalverfahren hauptsächlich angewandten Reintonverfahren (Klartone-, Eurocord- oder Noiseless-Verfahren) wird durch eine zusätzliche Blende, die sich der Lautstärke entsprechend öffnet oder schließt, nur so viel von der Tonspur freigegeben, wie für die Aufzeichnung benötigt wird; dadurch wird das Störgeräusch verringert.

b) Beim Longitudinalverfahren werden die durch die Schallinformationen entstehenden Stromschwankungen in Form gleich breiter, aber verschieden geschwätzter Linien auf dem Film aufgezeichnet (Intensitätssteuerung, z. B. durch Kerrzelle).

Lichtuhr, eine Uhr mit dem Werk einer elektrischen Großuhr und einem Akku als Energiequelle. Der Akku wird von einem speziellen System von Photoelementen gespeist, das am Gehäuse der Uhr untergebracht ist. Im allgemeinen genügen etwa 6 Stunden normale Beleuchtung (etwa 400 Lux) für einen ständigen Antrieb über Jahre hinaus.

Lichtvektor, der Vektor der elektrischen Feldstärke oder der elektrischen Verschiebung, je nachdem, ob sich das Licht im isotropen oder anisotropen Medium fortpflanzt. Nach der Maxwell'schen Lichttheorie (→ Lichttheorien) findet eine zeitlich und räumlich periodische Änderung der elektrischen Feldstärke E und der magnetischen Feldstärke H statt. Beide Vektoren stehen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung und bilden miteinander einen rechten Winkel. Im Vakuum und in isotropen Medien wird der Vektor der elektrischen Feldstärke mit L bezeichnet. Dadurch wird gleichzeitig festgelegt, daß die Schwingungsrichtung von linear polarisiertem Licht senkrecht zur Polarisationsebene ist (→ Polarisation). In doppelbrechenden Kristallen (→ Doppelbrechung) tritt die Besonderheit auf, daß der Vektor der elektrischen Feldstärke E und der Vektor der elektrischen Verschiebung D etwas verschiedene Richtungen haben; in diesem Fall wird der Vektor D als L bezeichnet.

Lichtverstärker, svw. → Laser.

Licken, svw. Glanzdrücken, → Polieren.

Lido, svw. → Nehrung.

Liegendes, die geologische Schicht, die unter der jeweils betrachteten Schichtengruppe oder Lagerstätte liegt. Bei ungestörter Lagerung von Sedimentgesteinen ist die Liegendeschiefer älter als die darüberliegende Schicht, das → Hangende.

Lift, svw. → Aufzug.

Ligand, → Koordinationslehre.

Ligasen, eine Gruppe der → Fermente.

Lignin, ein Gemisch aromatischer Verbindungen. L ist neben Zellulose der Hauptbestandteil (bis zu 20 %) des Nadelholzes; im Laubholz ist es zu einem geringeren Prozentsatz enthalten. Die chemische Zusammensetzung des L s ist bei den einzelnen Holzarten unterschiedlich. L bildet eine hellgelbe bis braune, krümelige Masse, die die Zellulosefasern verbindet. Im Boden wird es durch mikrobielle Zersetzung des Holzes freigelegt. Technisch gewinnt man L aus der beim Aufschluß des Zellstoffs nach dem Sulfitverfahren

in großen Mengen anfallenden Sulfitablauge, ferner ist es Nebenprodukt bei der Holzverzuckerung. Es dient als Zusatz zu Brennmaterialien und Kunststoffen. Durch chemische Aufbereitung (*Ligninkrackung*) entstehen aus dem L der Sulfitablaugen in großem Umfang Vanillin und andere aromatische Verbindungen.

Lignit, eine Weichbraunkohle, → Kohle.

Limnan, → Hafl.

Limbus, verallt für → Teilkreis.

Limes, der → Grenzwert.

Limnologie, ein Zweig der → Hydrographie.

Limonen, $C_{10}H_{16}$, ein flüssiger, angenehm zitronenartig riechender monozyklischer Terpenkohlenwasserstoff. L ist Bestandteil zahlreicher ätherischer Öle (z. B. Pomeranzenschalenöl, Kümmelöl, Zitronenöl). Es wird in der Riechstoffindustrie und bei der Waschmittel- und Lackherstellung benutzt.

Limonit, Brauneisenerz, ein Mineral, ein Gemenge von Eisenhydroxiden, sehr wichtiges Eisenerz (Eisengehalt 30 bis 60 %), besteht vorwiegend aus → Nadeleisenerz α -FeO(OH), in geringerer Menge aus → Lepidokrokit γ -FeO(OH); braun bis schwarzbraun, Härte nach Mohs 5 bis 5,5, D 3,9 bis 4,3 $g\ cm^{-3}$. L findet sich unter anderem nieri, zapfi, in Ooiden derb oder pulvrig. Wegen der stark wechselnden Eigenschaften (Farbe, Art der Aggregate) gibt es für L zahlreiche Sonderbezeichnungen, z. B. Brauner Glaskopf (stallaktisch, traubig, nieri), Minette (oolithisch), Raseneisenerz (schwarz), Sumpfeisenerz, Stilpnosiderit (braunschwarz, glasartig, muschelig brechend), Gelbeisenerz oder Xanthosiderit, gelber Ocker, Bohnerze (rundliche, schalige Gebilde). Die verschiedenen Varietäten sind weit verbreitet. L wird außer als Ausgangserz für Eisen auch als Filtermasse in Gaseanstalten verwendet.

Limousine, → Karosserie.

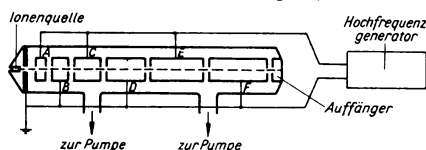
Linalool, ein Monoterpenalkohol (Kp. etwa 195 °C). L kommt in zahlreichen ätherischen Ölen vor, z. B. im Lavendel- und Bergamottöl. Synthetisch kann es aus Geraniol oder Methylheptanon und Äthin gewonnen werden. Auf Grund seines an Maiglöckchen erinnernden Duftes stellt es einen wertvollen Riechstoff dar.

Lindan, → HCH-Mittel.

linear, Bezeichnung für eine Funktion, eine Gleichung, einen algebraischen Ausdruck u. dgl., wenn die in ihnen auftretenden unabhängigen Variablen bzw. Unbekannten nur in der 1. Potenz vorkommen (d. h. vom 1. Grad sind). Die Funktion $y = ax + b$ ist eine lineare Funktion. Ihre graphische Darstellung in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem ist eine Gerade. Eine lineare Gleichung mit n Unbekannten x_1, x_2, \dots, x_n hat die Gestalt $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = b$. Ist $b = 0$, so spricht man von einer homogenen linearen Gleichung. Mehrere lineare Gleichungen bezüglich derselben Unbekannten x_1, x_2, \dots, x_n bilden ein lineares Gleichungssystem. Eine lineare Differentialgleichung ist eine Differentialgleichung, in der die Funktion und ihre Ableitungen nur in der 1. Potenz vorkommen.

Linearbeschleuniger (Tafel 44), Teilchenbeschleuniger, in denen die geladenen Teilchen (Elektronen, Protonen oder schwerere Ionen) längs einer geraden Bahn mit Hilfe von hochfrequenter Wechselspannung mehrfach beschleunigt, d. h. auf hohe kinetische Energie gebracht werden. Im L nach Wideröe durchlaufen die geladenen Teilchen in einem hochvakuierten Raum nacheinander die röhrenförmigen Elektroden A, B, C, D, ..., wobei A, C, E, ... an den einen Pol und B, D, F, ... an den anderen Pol einer hochfrequenten Spannungsquelle angeschlossen sind. In dem Spalt vor der Elektrode A werden die Ionen erstmalig beschleunigt, anschließend bewegen sie sich in dem feldfreien Raum im

Innern der Röhre A; während dieser Zeit vergeht eine Halbperiode der Wechselspannung, so daß die Teilchen beim Überqueren des zweiten Spaltes wieder ein beschleunigendes Feld vorfinden. Wenn die Länge der Elektroden in geeigneter Weise mit der Energieerhöhung der Ionen zunimmt, wiederholt sich die Beschleunigung in jedem Spalt. Je höher die Frequenz der verwendeten Wechselspannung ist, desto kürzer können die Rohrelektroden sein. Nachdem es gelungen war, leistungsfähige Hochfrequenzgeneratoren im Dezimeterwellengebiet zu bauen, konnten L. entwickelt werden, deren Grenzenergie die von Kreisbeschleunigern erreichte. In derartigen L.n ist jede einzelne Beschleunigungselektrode als Hohlraumresonator ausgebildet, wobei die Resonatoren derartig gekoppelt sind, daß die parallel zur Längsachse laufenden Teilchen das beschleunigende elektrische Feld jeweils in der „richtigen“ Phasenlage erreichen. Die elektrischen Felder können in dem Beschleunigungsrohr durch eine stehende Welle oder durch eine Wanderwelle erzeugt werden. Für die Beschleunigung von Elektronen ist beides möglich, während die



Schnitt durch einen Linearbeschleuniger nach Wideröre

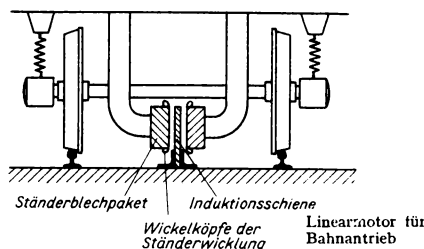
Beschleunigung von Protonen oder schwereren positiven Ionen bisher nur mit stehenden Wellen gelungen ist. Wegen der hohen Betriebsfrequenz müssen die Teilchen vorbeschleunigt in den L. eingeschossen werden. Bei Verwendung von stehenden Wellen schirmt man die Teilchen durch eingebaute Driftröhren gegen die verzögernde Wirkung des elektrischen Feldes während der Zeit der „falschen“ Phase ab. In Harwell (Großbritannien) werden von einem L. Protonen auf 25 MeV (Megaelektronenvolt) Endenergie beschleunigt. Wanderwellen kann man durch Einfügen geeigneter Blenden in einen Hohlleiter (gefalteter Hohlleiter oder Runzelröhre) erzeugen. Wenn die Geschwindigkeit eines eingeschossenen Teilchens mit der Phasengeschwindigkeit einer Wanderwelle genau übereinstimmt, kann es gewissermaßen von der Welle fortgetragen werden (Wellenleiterprinzip); dabei erhöht sich die Energie des Teilchens kontinuierlich. Der größte L. wird z. Z. in Stanford (USA) gebaut; mit ihm sollen Elektronen auf 45000 MeV beschleunigt werden.

lineare Algebra, ein Teilgebiet der Algebra, das die Theorie der linearen Gleichungen, der Determinanten, Matrizen sowie der linearen Transformationen umfaßt. Den heutigen Inhalt der l.n. A. bilden die allgemeine Theorie der Vektorräume, die durch Abstraktion aus der Theorie der linearen Gleichungen hervorgegangen ist, sowie der Begriff der *algebraischen Struktur*, die man als Vektorraum bezeichnet.

linearer Raum, in der Mathematik eine Verallgemeinerung des *n*-dimensionalen Vektorraumes auf den Fall unendlicher Dimensionen.

Linearmotor, **Linear-Elektromotor**, eine elektrische Maschine mit geradlinig hin- und hergehender oder fortschreitender Bewegung. L.n. sind in verschiedenen Ausführungsformen denkbar. Der lineare Induktionsmotor arbeitet auf dem Prinzip der Asynchronmaschine mit Kurzschlußläufer. Dabei sind Ständer und Läufer in eine Ebene abgewickelt und besitzen unterschiedliche Längen. Das Drehfeld der normalen Asynchronmaschine geht in ein Wanderfeld über. In der Anwendung dieses Motors als Bahnantrieb

dient als „Kurzschlußläufer“ eine entlang der gesamten Strecke verlegte Induktionsschiene. Das „Ständerblechpaket“ mit der an das speisende Netz angeschlossenen Wicklung ist mit dem Fahrzeug verbunden. Eine andere Einsatzmöglichkeit von L.n. ist z. B. der Antrieb von Fließ- und Förderbändern.



Linie, 1) Geometrie: ein geometrisches Grundgebilde, die Spur eines bewegten (mathematischen) Punktes. Sie hat nur eine Ausdehnung (Dimension), die Länge. Man unterscheidet *gerade*, *gebogene*, *gekrümmte* und *gemischte* L.n. Eine mathematische L. bezeichnet man auch als Kurve.

2) Geographie: seemännische Bezeichnung für Erdäquator, → Äquator 1).

Liniengeometrie, ein Teilgebiet der Geometrie, in dem als Grundelemente an Stelle der Punkte die Geraden verwendet werden. Die L. wurde von Plücker entwickelt. Sie findet Anwendung in der Mechanik.

Linienriß, aus mehreren Rissen bestehende zeichnerische Darstellung der äußeren Form eines Schiffskörpers. Der **Längsriß** entspricht der Vorderansicht in einer technischen Zeichnung und enthält die Umrißlinien des Schiffes in seiner Mittellängsebene und 2 bis 4 weiteren senkrechten Längsschnittebenen. Der **Konstruktionsspanterriß** (**Spanterriß**) entspricht der Seitenansicht und zeigt die Umrißlinien in 8 bis 20 senkrechten, querschiffs verlaufenden Konstruktionsspanterebenen. Der **Wasserlinienriß** entspricht der Draufsicht und zeigt die Umrißlinien in 8 bis 12 waagerechten, längsschiffs verlaufenden Wasserlinienebenen. Die Wasserlinienebene, die theoretisch die Schwimmbene des Schiffes darstellt, bezeichnet man als **Konstruktionsswasserlinie** (Konstruktionsswasserlinienebene), abg. KWL. Der **Sentenriß** zeigt die Schiffsumrisse in 2 bis 8 schräg (etwa 45°) zur Mittellängsebene, also längsschiffs, verlaufenden Schnittebenen (Sentenebenen). Der L. wird je nach Größe des Schiffes im Maßstab 1:10, 1:25, 1:50, 1:100 oder 1:200 gezeichnet.

Linktrainer, ein einfacher → Simulator.

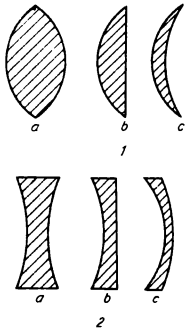
Linneit, **Kobaltkies**, ein Mineral, Co_2S_3 ; kubisch, grau, Härte nach Mohs 4 bis 5,5, D. 4,5 bis 5,8 g cm⁻³.

Linofilm, eine Lichtsetzmaschine, → Setzen.

Linolensäure, $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH=CH—CH}_2\text{—CH=CH—CH}_2\text{—CH=CH—(CH}_2)_7\text{—COOH}$, eine → essentielle Fettsäure (Kp. 158 °C bei 0,001 Torr), die den Hauptbestandteil der trocknenden Öle, besonders des Leinöls und des Perillaöls, bildet.

Linolensäure, **Leinölsäure**, $\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_4\text{—CH=CH—CH}_2\text{—CH=CH—(CH}_2)_7\text{—COOH}$, eine → essentielle Fettsäure. L. ist eine ölige Flüssigkeit (Kp. 230 °C bei 16 Torr). Ihre Salze und Ester heißen **Linolate**. Als Glycerinester ist L. in vielen trocknenden Ölen, z. B. im Leinöl, aber auch in tierischen Fetten enthalten. Sie wird durch Fettsäurespaltung von Mohn- und Sonnenblumenöl gewonnen und z. B. zur Herstellung von Seife, Emulgatoren und Anstrichfarben verwendet.

Linotype, eine Setzmaschine, → Setzen.



1 Sammellinsen. a bikonvex, b plankonvex, c konkavkonvex. 2 Zerstreuungslinsen. a bikonkav, b plankonkav, c konvexkonkav

Linse, 1) Optik: ein Körper aus durchsichtigem Stoff (Glas, Steinsalz, Quarz), der von zwei Kugelflächen oder von einer Planfläche und einer Kugelfläche begrenzt ist. L.n brechen durchfallende Lichtstrahlen (\rightarrow Refraktion) und dienen zur Bilderzeugung. **Sammellinsen (Konvexlinsen)** sind in der Mitte dicker als am Rande; sie machen ein einfallendes Bündel paralleler Lichtstrahlen konvergent (sie bewirken das Zusammenlaufen der Strahlen). **Zerstreuungslinsen (Konkavlinsen)** sind in der Mitte dünner als am Rande; sie machen parallele Lichtstrahlen divergent (sie bewirken das Auseinanderlaufen der Strahlen). Nach der Form unterscheidet man bei Sammellinsen bikonvexe, plankonvexe und konkavkonvexe L.n (Abb. 1), bei den Zerstreuungslinsen bikonkave, plankonkave und konvexkonkave L.n (Abb. 2). Die Bezeichnungen Sammel- und Zerstreuungslinse gelten nur für den (praktisch häufigeren) Fall, daß sich die L. in einem optisch dünneren Medium befindet, also einem Medium, dessen Brechzahl kleiner ist als die des Linsenmaterials. Falls die Brechzahl der L. kleiner ist als die des angrenzenden Mediums (z. B. Glaslinse in Schwefelkohlenstoff), ist die Wirkung umgekehrt. Die Gerade durch die Krümmungsmittelpunkte heißt *optische Achse* oder *Hauptachse*. Alle achsenparallel auf eine dünne Sammellinse auffallenden Strahlen vereinigen sich (konvergieren) hinter der L. in einem Punkt, dem **Brennpunkt F**. Bei einer Zerstreuungslinse scheinen parallel zur Achse einfallende Strahlen (nach der Brechung) aus dem Brennpunkt her zu kommen (virtueller Brennpunkt). Jede L. hat zwei symmetrisch zu ihrer Mittelebene gelegene Brennpunkte. Die Entfernung der Brennpunkte von der Linsenmitte heißt **Brennweite f**. Liegt bei einer Sammellinse ein Gegenstand außerhalb der Brennweite, so ist das durch die L. vom Gegenstand erzeugte Bild *reell* (d. h. auf einem Schirm auffangbar), umgekehrt, vergrößert oder verkleinert. Liegt der Gegenstand in der Brennebene, so ist sein Bild im Unendlichen, d. h., die abbildenden Strahlenbündel werden durch die Linse parallel gemacht. Liegt der Gegenstand innerhalb der Brennweite, so entsteht ein *virtuelles*, aufrechtes vergrößertes Bild (\rightarrow Lupe). Bei der Zerstreuungslinse erhält man stets ein virtuelles Bild. Es sei P ein Gegenstandspunkt außerhalb der Achse

und P' der ihm zugeordnete Bildpunkt. Dann läßt sich die Bildkonstruktion für dünne Sammellinsen bei Lage des Gegenstandes außerhalb der Brennweite (Abb. 3) nach folgendem Schema durchführen: 1) Parallelstrahl (PC) wird Brennstrahl (CF'), 2) Hauptstrahl (PH) geht ohne Brechung weiter (HP'), 3) Brennstrahl (PF) wird Parallelstrahl (DP'). Für die Konstruktion genügen zwei der drei genannten Strahlen; der dritte kann zur Kontrolle dienen, da sich alle drei Strahlen im Bildpunkt P' schneiden. Bei Lage des Gegenstandes innerhalb der Brennweite (Abb. 4) und für dünne Zerstreuungslinsen (Abb. 5) sind bei der Bildkonstruktion die gestrichelt und punktiert dargestellten rückwärtigen Verlängerungen der Strahlen (virtuelle Strahlen) zu berücksichtigen. Außerdem gilt die **Linienungleichung**: $1/a + 1/b = 1/f$, wobei a die Gegenstandsweite (PC), b die Bildweite (P'D) und f die Brennweite ist.

Da Bildkonstruktion und Linsenformel unter vereinfachenden Annahmen hergeleitet werden, entstehen bei wirklicher Abbildung gewisse Abweichungen vom Idealfall (\rightarrow Abbildungsfehler). Um sie einzuschränken, werden mehrere L.n zu einem **Linsensystem** vereinigt.

Bei dicken L.n kann man zur Konstruktion des Bildes nicht mehr von der zweimaligen Brechung der Lichtstrahlen an den Begrenzungsflächen absehen und muß die Mittelebene der L. durch zwei **Hauptebenen** (Abb. 6) ersetzen; diese liegen senkrecht zur optischen Achse, die Schnittpunkte sind die **Hauptpunkte H** und **H'**. Ihre Lage hängt ab von der Brechzahl, den Krümmungsradien und der Dicke der L. Ihr Abstand beträgt etwa $1/3$ der Dicke. Jeder Hauptebene ist ein Brennpunkt zugeordnet. Auch bei Linsensystemen lassen sich zwei Hauptebenen bestimmen, mit deren Hilfe sich das Bild in entsprechender Weise konstruieren läßt.

Lit. **Hodam**: Optik in der Längenmeßtechnik (2. Aufl. Berlin 1966).

2) Mineralogie: ein nach allen Richtungen auskullender Gesteinskörper, der gegenüber den Nachbargesteinen abweichend zusammengesetzt ist.

Linters, kurze, bis 10 mm lange Baumwollfasern, die beim Entkernen der Baumwolle an den Samenkernen mancher Sorten hängenbleiben, oder kurzstapelige Baumwollabfälle. Sie stellen reine Zellulose dar und dienen als Rohstoff für die Chemiefaserstoffherstellung nach dem Kupfer- und Azetatverfahren, in Verbindung mit Kunstharz als Leichtbaustoff, z. B. für Kraftfahrzeugkarosserien (Trabant), und allgemein für die Gewinnung von Zelluloseäthern und -estern. L. sind auch Rohstoff zur Fabrikation hochwertiger Papiere, z. B. für die Papierchromatographie.

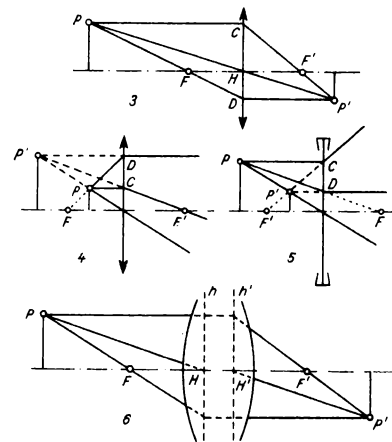
Liparit, Rhyolith, ein helles Ergußgestein, das sich vom \rightarrow Quarzporphyr nur durch sein jüngerer geologisches Alter unterscheidet.

Lipasen, \rightarrow Esterasen.

Lipide, fettähnliche Stoffe, deren Ähnlichkeit mit den Fetten vor allem in der Löslichkeit und im physiologischen Verhalten besteht. Zu den L.n rechnet man vor allem Vertreter der Phosphatide, der fettlöslichen Vitamine und Sterine. L. sind in tierischen und pflanzlichen Geweben enthalten. In den Oberflächenschichten der Zellen bilden sie Lipidmembranen und beeinflussen wesentlich die sich an der Zellperipherie abspielenden elektrischen und osmotischen Vorgänge.

Lipoproteide, \rightarrow Proteide.

Lipowitzsches Metall, eine **Wismut-Blei-Le-gierung** aus 50 % Wismut, 26,7 % Blei, 13,3 % Zinn und 10 % Kadmium; Schmelzpunkt 70 °C. L. M. wird für Schmelzsicherungen in Feuer-schutzeinrichtungen sowie als Heizbadflüssigkeit eingesetzt.



3 und 4 Bildkonstruktion bei Sammellinsen: 3 Gegenstand liegt außerhalb der Brennweite, 4 Gegenstand liegt innerhalb der Brennweite. 5 Bildkonstruktion bei Zerstreuungslinse (Gegenstand liegt außerhalb der Brennweite). 6 Bildkonstruktion bei sehr dicker Sammellinse (Gegenstand liegt außerhalb der Brennweite). Über die Bedeutung der Buchstaben vgl. Text

Liquation, → Differentiation.

liquidmagmatische Phase, → Differentiation.
Liquiduslinie, Flüssiglinie, in den Zustandsdiagrammen, z. B. im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen), die Linie, oberhalb derer die Stoffanteile flüssig sind. Gegensatz: → Soliduslinie. Zwischen L. und Soliduslinie liegt ein Bereich, der aus festen Kristallen und flüssiger Schmelze besteht (Erstarrungsintervall). Nur bei reinen Metallen und eutektischen Legierungen fallen die beiden Linien zusammen, so daß sich an Stelle des Erstarrungsintervalls ein Schmelzpunkt ergibt.
Lissajous-Figuren, Bahnen zweifach periodischer Bewegungen, die sich aus zwei senkrecht zueinander verlaufenden Schwingungen mit den Frequenzen ω_1 und ω_2 zusammensetzen. Stehen ω_1 und ω_2 in einem rationalen Verhältnis, so ergeben sich z. B. auf dem Schirm einer Braunschen Röhre stehende Bilder, deren Aussehen noch von der Phasenlage der beiden Schwingungen zueinander abhängt. Aus der Form der L.-F. kann man Rückschlüsse auf das Frequenzverhältnis ziehen.

Liter, Kurzz. l, gesetzliche Volumeneinheit. Das L. ist eine Sonderbezeichnung für das Kubikdezimeter. $1 \text{ l} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3$. Die Bezeichnung L. soll nicht verwendet werden, wenn Ergebnisse von Volumenmessungen mit hoher Genauigkeit auszudrücken sind (Anordnung des DAMW vom 30. 6. 1967). **Dekaliter**, Kurzz. dal, = 10 l. **Hektoliter**, Kurzz. hl, = 10^2 l. **Deziliter**, Kurzz. dl, = 10^{-1} l. **Zentiliter**, Kurzz. cl, = 10^{-2} l. **Milliliter**, Kurzz. ml, = 10^{-3} l. **Mikroliter**, Kurzz. μl , = 10^{-6} l.

Lithium, Symbol Li, chemisches Element aus der I. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Alkalimetalle, ein Leichtmetall (das leichteste aller Metalle); Ordnungszahl 3, Massenzahlen der Isotope 7 und 6, Atomgewicht 6,939 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, D. 0,5349 g cm $^{-3}$, F. 179 °C, Kp. 1336 °C; 1817 von Arfvedson entdeckt. Gemäß der Schrägbeziehung im Periodensystem ist L. in seinen Eigenschaften mehr mit Kalzium als mit anderen Alkalimetallen verwandt. L. ist silberweiß, sehr weich und läßt sich durch Pressen oder Walzen verformen. An feuchter Luft bedeckt es sich rasch mit einer weißen Kruste; deshalb bewahrt man es unter Paraffinöl oder Petroleum auf. Lithiumionen färben die Bunsenflamme intensiv rot. L. kommt nicht gediegen vor, aber Lithiumminerale, z. B. Spodumen, Amblygonit, Lepidolith und Petalit, finden sich weit verbreitet, obwohl nirgends in größerer Menge. Ferner findet man L. in vielen Mineralquellen, in Salinen, Grubenwässern und auch im Meerwasser. Gewonnen wird L. durch Schmelzflußelektrolyse von Lithium- und Kaliumchlorid oder von Lithiumbromid und -chlorid, wobei man reines L. erhält. L. dient vor allem als Legierungsbestandteil; z. B. hat eine Lithiumlegierung mit Magnesium und etwas Silber gute Korrosions- und Festigkeitseigenschaften und ist spezifisch leichter als Wasser. Ferner wird L. als Desoxydationsmittel für Kupfer, zur Vergütung schwefelhaltigen Nickels und für organische Synthesen verwendet. Das Isotop ^7Li nutzt man wegen seines geringen Einfangquerschnitts für Neutronen als Wärmeaustauschmedium in Kernreaktoren, ^6Li zur Gewinnung von Tritium.

Lithiumverbindungen. **Lithiumalanat**, LiAlH_4 , farbloses Pulver, verwendet als Reduktionsmittel für organische und anorganische Verbindungen; **Lithiumchlorid**, LiCl , farblose, giftige Kristalle, verwendet in Heißbädern, als Zusatz zu Schweiß- und Lötlutten, in Klimaanlage als Trockenmittel und in der Pyrotechnik; **Lithiumhydrid**, LiH , leichtentzündliche, schwerflüchtige, grauweiße Kristalle, dient als Hydrierungsmittel in

der organischen Chemie und als Wasserstofflieferant zur Füllung von Ballons und aufblasbaren Rettungsgeräten; **Lithiumkarbonat**, Li_2CO_3 , farblose, monokline Prismen, verwendet in der keramischen Industrie.

Lithocholsäure, eine → Gallensäure.

Lithogenese, zusammenfassende Bezeichnung für alle Vorgänge, die zur Bildung von Sedimentgesteinen führen.

Lithographie, ein Verfahren zur Herstellung von Druckformen für den Stein- oder Offsetdruck. Dabei werden Strichzeichnungen oder Rasterbilder auf Lithographiesteine oder Zinkplatten übertragen. Man unterscheidet allgemein die Handlithographie, die die → Kreidelithographie, die → Steingravur, den Umdruck und die veraltete Chromolithographie umfaßt, und die → Photolithographie.

Lit. Wolf: Handb. für Lithographen (Berlin 1950).

Lithoklase, svw. → Kluft.

Lithologie, svw. → Sedimentpetrographie.

Lithopone, ein weißes, gut deckendes Pigment, das eine Mischung aus Zinksulfid und Bariumsulfat darstellt. L. wird vor allem für Innenanstriche verwendet. Sie eignet sich für alle Bindemittel.

Lithosphäre, → Erde (Abschn. 4).

litoral, → Meer.

Litze, 1) ein bandförmiges Geflecht. **Tresse** ist unter Verwendung von Metallfäden hergestellte L., z. B. für Uniformen.

2) ein Vorerzeugnis in der → Seilerei und für Drahtseile (→ Seil).

3) svw. Weblitze, → Weberei.

4) eine biegsame elektrische Leitung aus vielen parallelen dünnen Einzeldrähten.

Lj, Kurzz. für → Lichtjahr.

LKW, Abk. für → Lastkraftwagen.

Llandeilo, → Ordovizium.

lm, Kurzz. für → Lumen.

IMG, Abk. für leichtes → Maschinengewehr.

lmh, Kurzz. für → Lumenstunde.

lms, Kurzz. für → Lumensekunde.

lm/W, Kurzz. für → Lumen/Watt.

ln, auch **log nat**, Zeichen für Logarithmus naturalis, natürlicher → Logarithmus.

Lobatron-Setzautomat, → Setzen.

Lobelin, ein giftiges Alkaloid mit Piperidinstruktur. L. findet sich in verschiedenen Lobeliaarten. Das Hydrochlorid des L.s wird als Medikament bei Schlafmittel- und Kohlendioxidvergiftung sowie bei Atemstillstand der Neugeborenen gegeben. Neuerdings dient es zur Antirauchertherapie.

Lochband, svw. → Lochstreifen.

Lochen, ein Fertigungsverfahren zum Abtrennen eines Teiles vom Werkstück innerhalb einer geschlossenen, meist kreisförmigen Trennlinie. Das L. ist eine Form des Scherschneidens (→ Zerteilen). Es erfolgt bei flexiblen Werkstoffen (Papier, Pappe, Gummi, Leder) mit Lochzange, Lochseisen, Lochmeißel oder auf Pressen mit Lochstempel und Schnittplatte. Bei Blechen werden fast ausschließlich Lochstempel und Lochplatte verwendet. Beim Umformen durch Freiformschmieden erfolgt eine Werkstoffverdrängung mit Hilfe eines eingedrückten Dornes mit oder ohne Lochplatte (z. B. Vorlochen eines Blockes bei der Herstellung von → Rohren nach dem Ehrhardt-Verfahren).

Löcherleitung, → Halbleiter.

Löchertheorie, ein Teil der → Diracschen Theorie. Die Diracsche Wellengleichung läßt neben positiven auch negative Energiewerte für das Elektron zu. Physikalisch haben aber negative Energien keinen unmittelbaren Sinn. Deshalb nahm Dirac an, daß sämtliche in der Welt möglichen Zustände negativer Energie im allgemeinen dauernd von Elektronen eingenommen sind,

die jedoch grundsätzlich nicht festgestellt werden können. Wenn nun ein Lichtquant eine genügend hohe Energie auf ein Elektron im negativen Energieband überträgt, wird dieses zu einem normalen beobachtbaren Elektron mit positiver Energie, und das dabei entstehende Loch im negativen Energiebereich ist als Positron aufzufassen (→ Paarbildung). Die Zerstörung eines Elektron-Positron-Paares kann als Zurückstürzen des Elektrons in das Loch verstanden werden. Entsprechende Vorstellungen sind allgemein auf die Bildung von Teilchen-Antiteilchen-Paaren übertragbar.

Lochfraßkorrosion, → Korrosion.

Lochkarte, eine mit Rechteck- oder Rundlochanlagen zu versehende Karte (meist aus Karton) zur Speicherung von ökonomischen, technischen oder wissenschaftlichen Informationen (Angaben, Daten) begrenzten Umfangs. L.n sind nach enthaltenen Ordnungsdaten maschinell sortierfähig, die gespeicherten Informationen maschinell mit großer Geschwindigkeit lesbar (außer bei Kerb-, Schlitz- und Sichtlochkarten, s. u.) und damit jeder manuellen Datenverarbeitung weit überlegen.

1) L.n zur maschinellen Auswertung der Daten bestehen meist aus dünnem, elastischem und stromundurchlässigem Karton, überwiegend in der Abmessung 187,33 : 82,55 mm. Jede Karte enthält senkrechte Lochspalten (80 — meist mit Rechtecklochanlagen — beim schrittweise arbeitenden, meist elektromagnetischen Verfahren, auch *Hollerith-Verfahren* genannt, bzw. 90 — meist mit Rundlochanlagen — beim blockweise arbeitenden, meist mechanischen Verfahren, auch *Powers-Verfahren* genannt). Eine Lochspalte kann durch Einfach- oder Mehrfachlochung eine der Ziffern 0 bis 9 oder einen Buchstaben des Alphabets, in Ziffern verschlüsselt, speichern. Die zur Speicherung einer Zahl notwendigen Lochspalten für jede Einzelziffer bilden ein Lochfeld. Die Speicherkapazität einer 80spaltigen L. beträgt demnach 80 Buchstaben oder Ziffern bzw. z. B. 10 · 8stellige Zahlen oder 5 · 7- und 11 · 5stellige Zahlen. Ziffernlochkarten tragen auf jeder möglichen Lochstelle den zu speichernden Ziffernwert, Normallochkarten die Bezeichnungen der je Lochfeld zu speichernden Datenarten aufgedruckt. Verbundlochkarten sind gleichzeitig L. und manuell zu verwendender Beleg. Zeichenlochkarten tragen maschinell lesbare Markierungen, die durch einen Zeichenleser in Lochungen umgewandelt werden. Nach Format, Funktion und Farbe werden weitere Arten von L.n unterschieden.

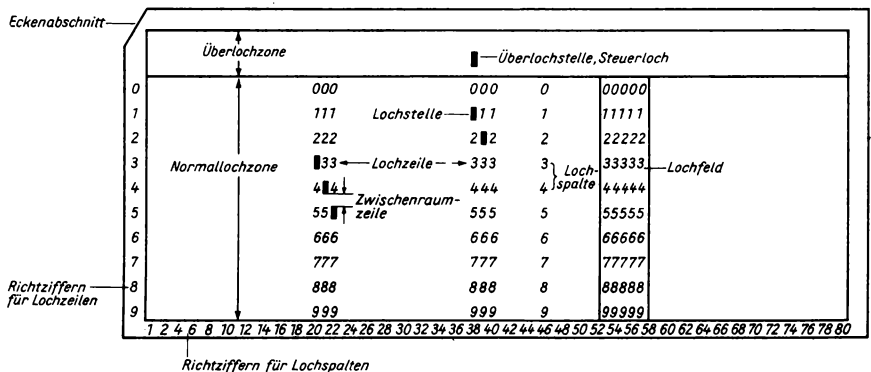
Lochkartenmaschinen führen das Lochen und Prüfen, Ordnen und Auswerten der L.n aus. Die Gesamtheit aller in einer Rechenstation ein-

gesetzten Lochkartenmaschinen bildet eine **Lochkartenanlage**.

L.n werden durch manuelle Dateneingabe über Tastatur in Handlocher, Magnetlocher (Maschinen, bei denen Magnete nach Tastenkontakt das Loch ausführen) und Motorlocher (Magnetlocher mit arbeitserleichternden Zusatzeinrichtungen, z. B. selbsttätigem Kartentransport) gelocht. Bei manueller Dateneingabe werden alle gelochten Karten durch eine nochmalige manuelle Dateneingabe in Prüfmaschinen auf ihre Richtigkeit kontrolliert. Zeichenlocher lesen elektrisch oder photoelektrisch Markierungen auf Zeichenlochkarten und lochen die Daten in dieselbe oder andere L.n. Kartendoppler und -stanzer lesen selbsttätig Daten aus einer L. (Stamm-, Matrizenkarte) und übertragen sie in eine oder mehrere andere L.n (Einzel-, Folgekarten). Summenlocher lochen beim maschinellen Auswerten der Daten gebildete Ergebnisse in Summenlochkarten für weitere maschinelle Auswertungen. Durch Anschluß von Motorlochern an Buchungs- oder Fakturiermaschinen werden Daten bei ihrer Primärverarbeitung in L.n gespeichert. Durch Kopplung von Lochstreifenlochern mit den Buchungs- oder Fakturiermaschinen sowie Lochstreifenlesern mit Motorlochern lassen sich L.n rationell aus dem → Lochstreifen gewinnen. Der Lochstreifen kann dabei auch durch Fernschreiber übermittelt werden. Lochschriftübersetzer übertragen die gelochten Ziffern, Buchstaben oder Zeichen bei Bedarf in Klarschrift auf die betreffende Karte.

Das Ordnen der L.n erfolgt mittels Sortiermaschinen (je Arbeitsgang Ordnen aller Karten nach den Ordnungsziffern einer Lochspalte, technische Leistung 40 000 bis 60 000 Karten-spalten/h) oder Kartenmischern (Zusammenführen bzw. Trennen von Kartenstapeln und Aussondern von L.n mit bestimmten Merkmalen in einem Lochfeld).

Einzelrechnungen (spezielle Multiplikationen und Divisionen) werden von Kartendopplern mit angeschlossenem Elektronenrechner oder von Rechenlochern ausgeführt; die Ergebnisse werden in die L.n der Operanden oder andere L.n gelocht. Die eigentliche Auswertung (spezielle Addition, Subtraktion sowie Druck der gelesenen Daten und der Ergebnisse oder nur der Ergebnisse auf Papierrollen oder Formulare) erfolgt mit der Tabelliermaschine (technische Leistung beim mechanischen Verfahren bis 6000 L.n/h, beim elektromechanischen Verfahren etwa 9000 bis 12000 L.n/h). Angeschlossene Elektronenrechner ermöglichen das Multiplizieren und Dividieren der von den Tabelliermaschinen gelesenen Operanden und den Druck der Resultate auf die Tabellen. Gegenwärtig verstärkt sich



der Einsatz elektronisch arbeitender Tabelliermaschinen (technische Leistung etwa bis 60 000 L.n/h) bei wesentlich erweiterten Verarbeitungsmöglichkeiten und einer Druckleistung bis etwa 120 000 Zeilen/h; damit grenzen diese Tabelliermaschinen bereits an den Bereich der elektronischen Datenverarbeitung. Als Datenträger werden L.n auf diesem Gebiet auch bei größeren Anlagen in erheblichem Maß verwendet.

L.n werden in allen Bereichen der Wirtschaft, Wissenschaft, Kultur und des Staatsapparates eingesetzt. Hauptanwendungsgebiete sind statistische Auswertungen, Planung, Produktionslenkung und -kontrolle, Rechnungswesen in Industrie, Landwirtschaft, Verkehr, Handel usw., Auswertungen im Bereich der Dokumentation, des Gesundheitswesens, der kommunalen Verwaltung u. a. m.

2) L.n zur Steuerung von Arbeitsmaschinen bestehen aus gelochten Karten, Papier, Blech u. dgl.; die Befehle werden durch mechanische, elektromagnetische oder elektronische Steuerungselemente übermittelt. Die wiederholte manuelle Eingabe wiederkehrender gleichartiger Befehle, die sehr zeitaufwendig ist und häufig Fehler verursacht, entfällt. Eine solche L. ist z. B. die in der Weberei verwendete Karte zur Steuerung von Jacquard- und Schaffmaschinen.

Kerb-, Schlitz- und Sichtlochkarten sind keine L.n im eigentlichen Sinne. Auf ihnen werden zwar die Angaben ebenfalls durch entsprechendes Lochen gespeichert, die Auswertung erfolgt jedoch manuell oder visuell. Bei den Kerblockkarten wird der Rand bis zu darauf eingearbeiteten Lochungen nach einem bestimmten System eingekernt; die Auswertung erfolgt entweder mittels Nadeln von Hand oder mit einer vibrierenden Selektionsmaschine (Auswahlgerät). Bei den Schlitzlochkarten werden immer zwei Lochungen durch Stenzen zu Schlitzten verbunden; das Auswählen erfolgt ebenfalls maschinell. Sichtlochkarten werden mit Einzellochungen versehen, manuell sortiert und dadurch ausgewertet, daß man sie aufeinander legt und gegen das Licht hält.

Lit. Schöppenthau u. a.: Lochkartentechnik (3. Aufl. Berlin 1965); Smers: Das maschinelle Lochkartenverfahren (2. Aufl. Leipzig 1966); Bode: Lochkartentechnik (Berlin 1967); Klöpfel u. Panther: Das 80spaltige Lochkartenverfahren - Lochen, Prüfen und Sortieren (Berlin 1967); Ztschr. Rechentechnik (Berlin).

Lochkartendiagnostik, → Computerdiagnostik.

Lochstreifen, Lochband (Abb.), mit Lochungen zu versehendes Band zur Speicherung einer großen Menge von Informationen. Die L. bestehen meist aus Papier, die Lochungen haben einen Durchmesser von 1,8 mm. Lochungen einer Zeile (Lochzeile) speichern in festgelegter Verschlüsselung einen Buchstaben, eine Ziffer oder einen Befehl, z. B. für den Arbeitsgang einer Maschine. Im Vergleich zur Lochkarte lassen sich Datengruppen einer großen Datenmenge nicht sortieren, dagegen sind L. maschinell schneller zu lesen und benötigen weniger Speicherraum.

L. dienen zur automatischen Dateneingabe und Steuerung von Fernschreibern, Schreibautomaten, Motorlochern für Lochkarten, elektronischen Rechenautomaten, zur Steuerung von Werkzeugmaschinen und Monotype-Setzmaschinen, zur Temperaturregelung in Brennöfen u. a. m. Zunehmende Bedeutung erlangt der L. als Zwischenspeicher (Datenträger) für die Datenübertragung von Geräten der Datenerfassung zu elektronischen Datenverarbeitungsanlagen. Die maschinelle Lesbarkeit des L.s (bis 2000 Lochzeilen/s) entspricht besser der Verarbeitungsgeschwindigkeit derartiger Anlagen als die Lesbarkeit anderer Datenträger. Eine manuelle Eingabe der Daten ist wegen des

Zeitaufwandes und der Fehlerhäufigkeit nicht möglich.

Lit. Bürger u. Leonhardt: Die Lochbandtechnik (Berlin 1961).

Log n, Logge f, ein Gerät zum Messen der Geschwindigkeit eines Schiffes. Mit allen L.s kann nur die Geschwindigkeit durch das Wasser, nicht die über dem Meeresgrund gemessen werden. Das **Patentlog** ist ein Metallzylinder mit aufgesetzten Schraubenflügeln, das an einer Leine nachgeschleppt wird. Die Umdrehungen des Patentlogs werden über die Leine und ein Schwungrad, das möglichst gleichmäßige Umdrehungen bewirken soll, auf ein z. B. an der Relling befestigtes Zählwerk (Loguhr) übertragen, das die zurückgelegten Seemeilen anzeigt. Aus zwei Ablesungen und der dazwischenliegenden Zeit wird die Geschwindigkeit berechnet. Häufig werden die Anzeigen der Loguhr auf andere Loguhren im Schiff übertragen. **Staudruckfahrtmeßanlagen** beruhen auf dem Gesetz von Bernoulli, nach dem der Strömungsdruck der Masse des Mittels und dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist. Staudruckfahrtmeßanlagen sind aus dem Schiffsboden ausfahrbare Düsen, oder sie werden als **Stevenlog** gebaut. Beim **Stevenlog** befindet sich dicht über dem Schiffsboden ein Manometer, das durch eine Membran in zwei Kammern geteilt ist. In die eine Kammer führt ein Rohr von einer etwa 5 mm weiten Bohrung im Steven, in die andere Kammer führen Rohrleitungen von seitlichen Öffnungen in beiden Bordwänden; dadurch wird die Wirkung des statischen Wasserdrucks infolge der Tiefe des Manometers unter dem Wasserspiegel aufgehoben und nur der Fahrtdruck gemessen. Das Manometer setzt den Staudruck des Wassers in eine Geschwindigkeitsangabe um und überträgt sie auf einen Fahrtanzeiger auf der Brücke. Durch eine eingebaute Radziervorrichtung wird erreicht, daß die Teilung der Skale des Anzeigerätes gleichmäßig wird. Die Geschwindigkeit wird in sm/h abgelesen.

Häufig wird die Schiffsgeschwindigkeit auch aus der Schiffsschraubendrehung je Minute ermittelt und in Tabellen (Fahrttabellen) festgehalten.

logarithmisches Dekrement, → Dämpfung.

Logarithmus m, Zeichen **log**, Mathematik: Der L. einer Zahl a ist der Exponent n , mit dem man eine bestimmte Basis b potenzieren muß, um die Zahl a zu erhalten. Schreibweise: $n = \log_a a$. Man bezeichnet n als **Logarithmus**, b als **Basis** und a als **Numerus** (Logarithmand). Das Aufsuchen des L. einer Zahl nennt man **Logarithmieren**. Das Logarithmieren ist die 2. Umkehrung des Potenzierens (1. Umkehrung: Radizieren, → Wurzel), wobei zu dem gegebenen Potenzwert und der gegebenen Basis der Exponent gesucht wird: $b^n = a$ ist gleichbedeutend mit $n = \log_a a$; daraus folgen die beiden Identitäten: $\log_a b^a = a$ und $\log_a a^b = b$. So ist z. B. $\log_4 64 = 3$, denn es gilt $4^3 = 64$ oder $\log_{10} 100 = 2$, denn $10^2 = 100$.

Alle Logarithmen mit derselben Basis bilden ein **Logarithmensystem**. Die Bedeutung der Logarithmen für das praktische Rechnen besteht darin, daß sie das Multiplizieren, Dividieren, Potenzieren und Radizieren von Zahlen auf die nächstniedere Rechenstufe zurückführen, also die Multiplikation auf die Addition ihrer Logarithmen usw. Es gelten demnach die folgenden Regeln:

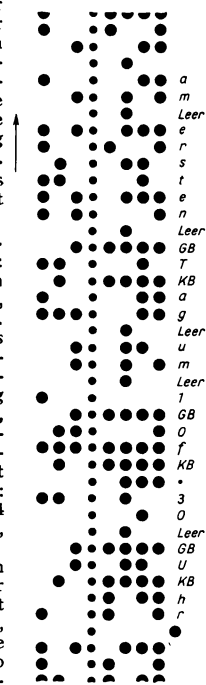
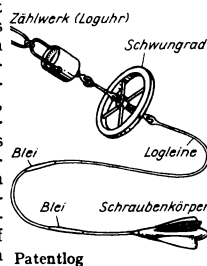
$$\log(a \cdot b) = \log a + \log b$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log a^n = n \cdot \log a$$

$$\log \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \cdot \log a$$

Als Basis für ein Logarithmensystem können alle positiven Zahlen außer 0 und 1 verwendet werden.



Beispiel des 8-Kanal-Lochstreifens eines Organisationsautomaten. Rechts Auswertungsdaten („am ersten Tag um 10.30 Uhr“) mit Befehlsdaten (z. B. GB = Großbuchstabe, KB = Kleinbuchstabe). Kleine punktierte Linie etwa in Lochstreifenmitte: Transportlochung. → Leserichtung

Das in der Praxis am meisten benutzte **Briggsche** oder **dekadische Logarithmensystem** hat die Basis 10. Für ganze Zahlen k gilt die Beziehung $\lg_{10} 10^k = k$, also z. B. (unter Verwendung der für \lg_{10} a üblichen Schreibweise $\lg a$)

$$\begin{aligned} \lg 1 &= \lg 10^0 = 0 & \lg 0,1 &= 10^{-1} = -1 \\ \lg 10 &= \lg 10^1 = 1 & \lg 0,01 &= \lg 10^{-2} = -2 \\ \lg 100 &= \lg 10^2 = 2 \text{ usw.} & \lg 0,001 &= \lg 10^{-3} = -3 \text{ usw.} \end{aligned}$$

Die Logarithmen aller anderen, d. h. von 10^k (k = ganze Zahl) verschiedenen rationalen Zahlen sind irrational, also unendliche, nichtperiodische Dezimalbrüche, die sich demnach nur angenähert angeben lassen. Im allgemeinen beschränkt man sich auf die Angabe von 4 oder 5 Stellen nach dem Komma. Die Zahl vor dem Komma nennt man die **Charakteristik** oder **Kennziffer**, die Ziffernfolge nach dem Komma heißt **Mantisse**. So hat z. B. $\lg 4567 = 3,6596$ die Kennziffer 3 und die Mantisse 6596. Die Zahl, deren L. bestimmt werden soll, nennt man auch den **Numerus**.

Zur schnellen Bestimmung des L. einer Zahl hat man die Logarithmen aller positiven reellen Zahlen in Logarithmentafeln zusammengestellt. Je nach der Anzahl der nach dem Komma angegebenen Stellen gibt es Tafeln drei-, vier-, fünf- und mehrstelliger Logarithmen. Bei der Aufstellung der Tafeln der dekadischen Logarithmen verwendet man die Tatsache, daß die Zahlen a und $10^k \cdot a$ (k = ganze Zahl), d. h. Zahlen mit gleicher Ziffernfolge, dieselbe Mantisse haben. Es gilt nämlich auf Grund der oben angeführten Regeln $\lg(10^k \cdot a) = \lg 10^k + \lg a = k + \lg a$, z. B. $\lg 2000 = 3,3010$, $\lg 20 = 1,3010$, $\lg 0,2 = 0,3010 - 1$. Deshalb sind in den Tafeln der dekadischen Logarithmen nur die Mantissen der ganzen Zahlen enthalten. Die Zahl 3,14 z. B. hat dieselbe Mantisse wie 314. Die Kennziffer des dekadischen L. einer Zahl ergibt sich in einfacher Weise aus folgenden Überlegungen: Der L. von Eins ist gleich Null und der L. der Basis selbst ist gleich 1 (und zwar in jedem Logarithmensystem); also $\lg 1 = 0$ und $\lg 10 = 1$. Die dekadischen Logarithmen der Zahlen zwischen 1 und 10 liegen demnach zwischen 0 und 1, sind also von der Form 0, ..., d. h., sie haben die Kennziffer 0. Wegen $\lg 100 = 2$ ergibt sich in derselben Weise, daß die dekadischen Logarithmen der Zahlen zwischen 10 und 100 die Kennziffer 1, die dekadischen Logarithmen der Zahlen zwischen 100 und 1000 die Kennziffer 2 haben usw. Allgemein: Die Kennziffer des L. einer Zahl größer als Eins ist gleich der um 1 verminderten Anzahl ihrer Stellen vor dem Komma, z. B. $\lg 2,25 = 0,3522$; $\lg 22,5 = 1,3522$; $\lg 225 = 2,3522$; $\lg 2250 = 3,3522$. Die Logarithmen der Zahlen zwischen 0 und 1 sind negative Zahlen: $\lg 0,3 = \lg(3 \cdot 10^{-1}) = \lg 3 + \lg 10^{-1} = 0,4771 - 1$; analog dazu $\lg 0,03 = 0,4771 - 2$; $\lg 0,003 = 0,4771 - 3$ usw. Zur Festlegung der Kennziffer des L. einer Zahl zwischen 0 und 1 ergibt sich die Regel: Stehen im Numerus vor der ersten von 0 verschiedenen Ziffer p Nullen, so ist die Kennziffer gleich $-p$. Zum Beispiel ist die Kennziffer von $\lg 0,03$ gleich -2 .

$$\text{Beispiel: } x = \frac{0,875 \cdot 121}{8,26 \cdot \sqrt{11,7}}$$

$$\begin{aligned} \lg 0,875 &= 0,8293 - 1 \\ \lg 0,875 &= 5 \cdot \lg 0,875 = 4,1465 - 5 \\ &+ \lg 121 = 2,0828 \\ \lg \text{ Zähler} &= 6,2293 - 5 = 1,2293 \end{aligned}$$

$$\lg 11,7 = 1,0682$$

$$\begin{aligned} \lg/\sqrt{11,7} &= \frac{1}{2} \lg 11,7 = 0,5341 \\ &+ \lg 8,26 = 0,9170 \\ \lg \text{ Nenner} &= 1,4511 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lg \text{ Zähler} &= 1,2293 \\ - \lg \text{ Nenner} &= 1,4511 \end{aligned}$$

$$\lg x = 9,7782 - 10 = 0,7782 - 1$$

$$x = 0,6$$

Man sucht die Logarithmen der im Rechenausdruck vorkommenden Zahlen in der Tafel auf und wendet die Grundregeln an. Zu dem dabei erhaltenen L. (im Beispiel $0,7782 - 1$) bestimmt man den zugehörigen Numerus, indem man die der Mantisse (0,7782) entsprechende Ziffernfolge aus der Tafel abliest (6000) und an Hand der Kennziffer (-1) das Komma entsprechend setzt (0,600). Schwieriger wird es, wenn innerhalb einer längeren Rechnung Additionen und Subtraktionen durchzuführen sind. Dann muß man jedesmal zu den Numeri zurückkehren.

Besonders wichtig sind neben den dekadischen Logarithmen die Logarithmen mit der Basis $e = 2,71828 \dots$ ($\rightarrow e$), die **natürlichen Logarithmen** (Zeichen: $\log \text{ nat}$ oder \ln), die für viele theoretische Betrachtungen in Mathematik, Naturwissenschaft und Technik von großer Bedeutung sind. Die dekadischen Logarithmen erhält man aus den natürlichen Logarithmen durch Multiplikation mit dem Modul M der dekadischen Logarithmen: aus $a = 10^{\lg a} = e^{\ln a}$ folgt durch Bildung des natürlichen L. von a :

$$\ln a = \lg a \cdot \ln 10, \text{ d. h. } \lg a = \frac{1}{\ln 10} \cdot \ln a, \text{ also}$$

$$M = \frac{1}{\ln 10} = 0,43429.$$

Die allgemeine **Logarithmusfunktion** $y = \log_a x$ kann man (für $a > 0$) als Umkehrfunktion zur Exponentialfunktion $y = a^x$ definieren. Insbesondere bezeichnet man $y = \ln x$ (die Umkehrfunktion zu $y = e^x$) als spezielle oder natürliche Logarithmusfunktion; sie spielt eine wichtige Rolle in Mathematik und Physik. Einen tieferen Einblick in die Natur der Logarithmen erhält man in der Funktionentheorie, wo die Funktion $y = \ln x$ für alle komplexen Zahlen x erklärt ist. Die Logarithmusfunktion genügt der Funktionalgleichung $\ln(x_1 \cdot x_2) = \ln x_1 + \ln x_2$. Für $|x| < 1$ gilt die Reihenentwicklung (**logarithmische Reihe**)

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots. \text{ Die Ableitung von } y = \ln x \text{ ist } y' = (\ln x)' = \frac{1}{x}.$$

Unter der **logarithmischen Ableitung** einer Funktion $y = f(x)$ versteht man die Ableitung des natürlichen L. $\ln f(x)$ dieser Funktion:

$$(\ln f(x))' = (\ln y)' = \frac{y'}{y} \text{ oder } y' = y(\ln y)'. \text{ Sie}$$

dient zur Bestimmung der Ableitung von Funktionen, in denen eine Funktion von x als Exponent auftritt. Beispiel: $y = x^{\cos x}$, $\ln y = \cos x \cdot \ln x$, $y' = x^{\cos x} \cdot \left(-\sin x \cdot \ln x + \frac{\cos x}{x} \right)$.

Lit. Beyrodt u. Küstner: Vierstellige Logarithmen (Berlin 1966); Koitzsch: Logarithmentafeln (Berlin 1964); Küstner: Fünfstellige Logarithmen der natürlichen Zahlen und Winkelfunktionen für dezimalgeteilten Altgrad (16. Aufl. Leipzig 1967); Fünfstellige Logarithmen der natürlichen Zahlen und der Winkelfunktionen für Neugradteilung (5. Aufl. Leipzig 1966); Schölke: Tafeln vierstelliger Logarithmen, Funktions- und Zahlenwerte (49. Aufl. Stuttgart 1966).

Logatom, \rightarrow Silbenverständlichkeit.

LogEtronic-Verfahren, \rightarrow Kontraststeuerung.

Logger, ein \rightarrow Fischereifahrzeug.

logische Algebra, svw. \rightarrow Schaltalgebra.

Lohe, \rightarrow Gerberei.

Lokalelemente, \rightarrow Korrosionselemente.

Lokomotive, abg. Lok (Tafel 6), eine gleisgebundene, fahrbare Kraftmaschine mit eigener oder fremder Energiequelle zur Beförderung von Eisenbahnwagen. Nach dem Antrieb kann man die L.n. einteilen in Dampf-, Druckluft-, Diesel-, Gasturbinen- und elektrische L.n. Nach dem

Verwendungszweck unterscheidet man bei den Dampflokomotiven zwischen schnellfahrenden **Reisezuglokomotiven** mit drei bis vier Treibachsen und großen Raddurchmessern und **Güterzuglokomotiven** großer Zugkraft mit fünf, zuweilen sechs Treibachsen und kleinen Raddurchmessern. Diesel- und elektrische L.n sind universell einsetzbar so daß diese Unterscheidung entfällt. Zur besseren Anpassung an die verschiedenen Zugförderungsaufgaben werden solche L.n vereinzelt mit umschaltbaren Untersetzungsgetrieben ausgeführt. Für Sonderaufgaben wurden elektrische Schnellfahrlokomotiven (bis 240 km/h) entwickelt. Der Rangierdienst wird ausschließlich mit speziell dafür ausgelegten Diesellokomotiven (200 bis 900 PS, 30 bis 60 km/h) abgewickelt.

1) **Dampflokomotiven.** a) Die normale Dampflokomotive besitzt einen durchgehenden Rahmen, an dem → Dampfkessel, → Dampfmaschine, Fahr- und Triebwerk und Aufbauten montiert sind. Die Vorräte (Wasser, Brennstoffe) werden entweder in einem fahrbaren, durch Kurzkupplung mit der L. verbundenen Tender (Schleppender-L.n) oder in besonderen, auf dem Rahmen montierten Kohlen- und Wasserkästen (Tenderlok) mitgeführt. Als Brennstoffe dienen Steinkohle, Braunkohlenbriketts, Kohlenstaub, Schweröle, in wenig entwickelten Ländern auch Holz und Torf. Die Feuerbeschickung erfolgt bei festen Brennstoffen (Rostfeuerung) von Hand; Kohlenstaub und Öl werden mit Dampf über entsprechende Brenner in den mit Schamotte ausgemauerten Brennraum eingeblasen. Die Verbrennungswärme wird in der Feuerbüchse (Strahlungsheizfläche) und in den Rauchrohren des Langkessels (Berührungsheizfläche) an das Kesselwasser abgegeben. Die Rauchgase gelangen danach in die (vorn durch eine Tür verschlossene) Rauchkammer und treten über einen Funkenfänger durch den Schornstein ins Freie. Der entstehende Dampf wird im Dampfdom gesammelt und bei Naßdampfloks (heute kaum noch vorhanden) direkt, bei Heißdampfloks nach Trocknung und Überhitzung (300 bis 400 °C) in Heizschlangen, die in den Rauchrohren liegen, der Dampfmaschine zur Arbeitsleistung zugeführt. Der Dampfdruck in den Zylindern wird durch den Regler, die Dampfmenge durch die Steuerschieber reguliert. Durch die Steuerung wird außerdem die Fahrtrichtung bestimmt. Die Dampfmaschine besitzt 2, 3 oder 4 Zylinder, die entweder sämtlich Frischdampf erhalten oder (nur bei Vierzylinderloks) in Verbundwirkung arbeiten (die Expansion erfolgt in je einem links und rechts von der Rauchkammer gelegenen Zylinder). Vom Kolben wird die Kraft über Kolbenstangen, Kreuzkopf und Treibstange

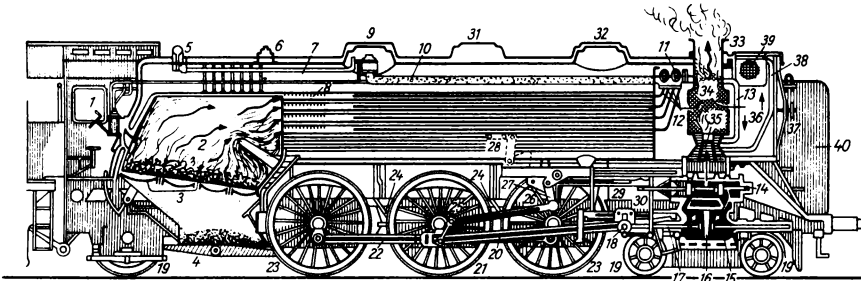
auf eines der Radpaare (Treibachse) der L. übertragen. Zur Erreichung einer größeren Reibungszugkraft werden weitere Achsen (Kuppelachsen) durch Kuppelstangen mit der Treibachse verbunden. Die große Lok-Masse erfordert neben den angetriebenen Achsen noch weitere Laufachsen, um die zulässigen Achslasten nicht zu überschreiten. Der verbrauchte Abdampf strömt durch ein düsenförmiges Blasrohr in den Schornstein (Saugzuganlage zur Anfischung des Feuers). Bei Streckenlokomotiven sind unterhalb des Schornsteins Windleitbleche angebracht, die Rauch und Abdampf zur Sichtverbesserung für das Lokpersonal durch einen entsprechenden Luftstrom nach oben drücken. L.n für hohe Geschwindigkeiten (über 140 km/h) werden zur Verringerung des Luftwiderstandes mit einer Stromlinienverkleidung versehen. Auf dem Kessel befinden sich neben dem Dampfdom ein Sanddom, aus dem bei Bedarf zur Vergrößerung der Reibung Sand auf die Schienen geblasen wird, ferner die Lichtmaschine und (bei L.n mit induktiver Zugbeeinflussungsanlage) der Mittelfrequenz-generator, beide angetrieben durch Dampfturbinen. Zahlreiche L.n haben ferner einen Speisewasserdome, durch den das Speisewasser dem Kessel zur besseren Vermischung mit dem Kesselwasser zugeführt wird. Meist wird auch das Speisewasser in einem Vorwärmer auf 80 bis 90 °C erwärmt.

Auf dem Führerstand befinden sich Reglerhandgriff und Steuerungshandrad, Betätigungsventile für die Hilfsmaschinen und sonstigen Einrichtungen (Kesselspeisepumpe, Luftpumpe, Lichtmaschine, Hilfsbläser, Zugheizung), das Führerbremsventil für Bremsung von L. und Zug, das Zusatzbremsventil für Bremsung nur der L., Meßinstrumente, bei entsprechend ausgerüsteten L.n ferner Apparaturen für die induktive → Zugbeeinflussung.

Bei den nur versuchsweise gebauten Dampflokomotiven mit Einzelachsantrieb wird jede der vorhandenen angetriebenen Achsen von einem besonderen, meist mehrzylindrigen schnelllaufenden Dampfmaschinenaggregat (stehend angeordnete Dampfmotoren) über Zahnradgetriebe angetrieben.

Eine Sonderbauart sind die **Mallet- und Garatt-L.n**, bei denen die angetriebenen Achsen, zu Gruppen zusammengefaßt, in Gestellen liegen, die gegenüber dem Hauptrahmen drehbar sind.

b) Die **Dampfturbinenlokomotive (Turbo-lokomotive)** ist mit → Dampfturbinen ausgerüstet (je ein Turbinenaggregat für Vor- und Rückwärtsfahrt), die über Zahnradgetriebe, Blindwellen und Stangen auf die Kuppelachsen wirken. Die Dampfturbine arbeitet mit günstigstem



1 Dampflokomotive im Schnitt. 1 Führerstand, 2 Feuerbüchse, 3 Rost, 4 Aschkasten, 5 Dampfentnahmestutzen, 6 Sicherheitsventil, 7 Kessel mit Wasserfüllung, 8 Rauchrohr, 9 Dampfdom, 10 Reglerrohr, 11 Sammelkasten für überhitzten Dampf, 12 Überhitzerrohr, 13 Einströmröhr, 14 Steuerung (Schieberkasten mit Kolbenschieber), 15 Zylinder, 16 Kolben, 17 Kolbenstange, 18 Kreuzkopf, 19 Laufrod, 20 Treibstange (Pleuelstange), 21 Treibrad, 22 Kuppelstange, 23 Kuppelrad, 24 Bremsen, 25 Gegenkurbel, 26 Schwingenstange, 27 Schwinde, 28 Steuerstangenhebel, 29 Schieberstange, 30 Vor- und Rückwärtshandgriff, 31 Sanddom, 32 Speisewasserdome, 33 Schornstein, 34 Funkenfänger (Drahtsieb), 35 Blasrohr, 36 Rauchkammer, 37 Rauchkammertür, 38 Abdampfröhr, 39 Speisewasservorwärmer, 40 Windleitblech

Wirkungsgrad nur bei möglichst hoher Geschwindigkeit; mit Absinken der Geschwindigkeit, also mit Absinken der Umdrehungszahl der Dampfturbine, fällt der Wirkungsgrad erheblich ab. Daher und wegen der umständlichen Bauart hat sich die Dampfturbinenlokomotive nicht einführen können.

c) Bei der **Kondensationslokomotive** wird sämtlicher Abdampf aufgefangen und in besonderen Aggregaten im Tender niedergeschlagen (Kondensation). Auf diese Weise wird bis auf geringe Verluste durch Undichtigkeiten kesselsteinfreies Wasser zur neuen Dampferzeugung rückgewonnen; außerdem kann so die L. große Strecken ohne Aufenthalt zur Wasseraufnahme zurücklegen.

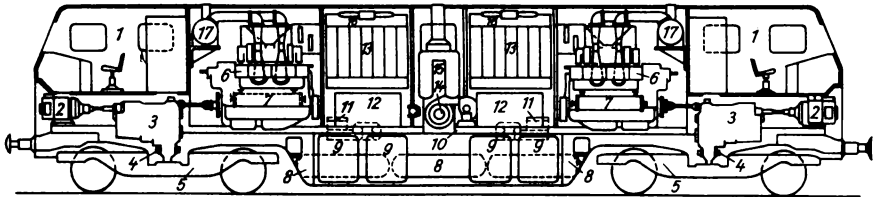
d) Die **feuerlose L.**, meist als Mitteldruck-, selten als Hochdrucklokomotive ausgeführt, besitzt statt des feuerverheizten Kessels einen zu etwa 90 % mit Wasser gefüllten Kessel. In diesem wird aus einer ortsfesten Kesselanlage entnommene Dampf als Flüssigkeitswärme gespeichert und durch allmähliche Druckabsenkung für den Betrieb der L. gewonnen. Feuerlose L.n werden vor allem in feuergefährdeten Betrieben als Rangierlokomotiven verwendet.

2) **Druckluftlokomotiven** werden durch Druckluftmotoren angetrieben. Die zum Betrieb benötigte Druckluft wird in Stahlflaschen mitgeführt. Der Einsatz erfolgt in Bergwerken.

3) **Diesellokomotiven.** Das Drehmoment des → Dieselmotors ist annähernd über der Drehzahl konstant und deshalb für die Zugförderung ungeeignet. Durch eine zweckentsprechende Kraftübertragung muß deshalb ein mit der Fahrgeschwindigkeit abnehmendes Drehmoment erzeugt werden. Gleichzeitig trennt die Kraftübertragung die Treibachsen vom Dieselmotor, da dieser nicht aus dem Leerlauf unter Last anfahren kann.

das Eingangsmoment gleich dem Ausgangsdrehmoment ist. Hydromechanische Getriebe sind Kombinationen hydrodynamischer Wandler mit mechanischen Schaltgetrieben (z. B. Mekydro-Getriebe). c) Die hydrostatische Kraftübertragung wird gegenwärtig bis zu Leistungen von 300 bis 500 PS (vereinzelte bis 800 PS) benutzt. Der Dieselmotor treibt eine Axialkolbenpumpe an, die das Arbeitsmedium (meist Öl) auf einen hohen Druck bringt. In einem nachgeschalteten Kolbenmotor ähnlicher Bauart wird die Druckenergie in ein Drehmoment umgewandelt. Der Wirkungsgrad beträgt 80 bis 90 %. d) Bei der elektrischen Kraftübertragung (**dielelektrische L.n**) treibt der Dieselmotor einen Generator an; die erzeugte elektrische Leistung wird wie bei elektrischen L.n den Fahrmotoren zugeführt. Die Geschwindigkeitsregulierung erfolgt verlustlos durch eine entsprechende Regulierung der Generatorspannung. Dadurch wird eine elastische und feinstufig regelbare Kraftübertragung und eine günstige Ausnutzung des Dieselmotors erzielt. Nachteilig ist die höhere Masse der elektrischen gegenüber der hydraulischen Kraftübertragung. Bei modernen dielektrischen L.n wird deshalb der herkömmliche Gleichstromgenerator durch den leichteren Drehstromgenerator ersetzt. Der Drehstrom wird gleichgerichtet und in die klassischen Gleichstromfahrmotoren eingespeist oder mittels Thyristorwechselrichtern in einen Drehstrom veränderlicher Frequenz umgerichtet und zur Speisung von Drehstromfahrmotoren verwendet. Die Geschwindigkeit wird dabei über die Frequenz geregelt.

Dieselmotoren für die Zugförderung müssen den besonderen Anforderungen des Eisenbahnbetriebes entsprechen. Häufig wird die Leistung der Motoren durch → Aufladung erhöht, wobei die zugeführte Ladeluft mittels Abgasturbolader vorverdichtet wird. Die Leistungssteigerung



2 Diesellokomotive im Schnitt. 1 Führerstand, 2 Lichtanlaßmaschine, 3 Strömungsgetriebe, 4 Kardantrieb, 5 Drehgestell, 6 Dieselmotor, 7 Ölkühler, 8 Luftbehälter, 9 Kraftstoffbehälter, 10 Kreiselpumpe, 11 Kompressor mit Elektromotor, 12 Wasserbehälter, 13 Kühler, 14 Brenner für Heizkessel, 15 Heizkessel, 16 Lüfter, 17 Abgasanlage

Die Kraftübertragung kann mechanisch, hydromechanisch, hydrostatisch oder elektrisch erfolgen. a) Bis zur Leistung von etwa 300 bis maximal 500 PS kann technisch und wirtschaftlich günstig die mechanische Kraftübertragung angewendet werden, wobei mehrstufige Schaltgetriebe (3 bis 6 Stufen) eine starre Verbindung des Dieselmotors mit den Treibachsen bilden. Die Zahnradpaare sind dabei dauernd im Eingriff, der Schaltgangwechsel erfolgt durch Ein- oder Ausschalten von Reib- oder Klauenkupplungen. Der Wirkungsgrad beträgt bis zu 98 %. b) Die elastische hydrodynamische Kraftübertragung hat als Grundlage das Föttingerprinzip (→ Strömungsgetriebe). Eine vom Dieselmotor angetriebene Kreiselpumpe beschleunigt einen Flüssigkeitsstrom, dessen Energie in einer Turbine durch Verzögerung zurückgewonnen und für die Zugförderung nutzbar gemacht wird. Man unterscheidet Wandler (Wirkungsgrad etwa 80 bis 85 %), die im Turbinengehäuse einen Leitapparat besitzen, der das Eingangsdrehmoment wandelt, und Kupplungen (Wirkungsgrad 97 bis 98 %) ohne Leitapparat, bei denen

beträgt dadurch 40 bis 70 %, bei Hochaufladung mit Rückkühlung der Ladeluft 100 % und mehr. Moderne Konstruktionen nutzen die dem Dieselmotor zugeführte Energie bis zu etwa 35 % aus. Leistungsstarke Motoren haben die 4000 PS-Grenze erreicht. Gegenwärtig haben Diesellokomotiven in einer Einheit bis zu 6000 PS, Dieseltriebzüge bis über 2000 PS. Dabei sind die leistungsstarken Dieseltriebfahrzeuge oft mit zwei Maschinenanlagen ausgerüstet.

4) **Gasturbinenlokomotiven** haben trotz mancher anfänglicher Rückschläge im Bau und im Betrieb an Bedeutung wieder gewonnen. Heiße Verbrennungsgase (550 bis über 750 °C) treiben die Läufer einer Gasturbine (→ Gasturbinenanlage) an. Die auftretende hohe Wärmebeanspruchung der Turbinenschaufeln wird jetzt beherrscht. Ebenfalls kann die große Lärmerzeugung durch entsprechende Maßnahmen in erträglichen Grenzen gehalten werden. Als Brennstoffe werden vor allem billige Schweröle verwendet, wodurch die Gasturbinenfahrzeuge bei entsprechendem Einsatz mit dem Dieseltriebfahrzeug durchaus konkurrieren kann.

5) Elektrische L.n, abg. Elloks. a) Bei elektrischen L.n für Fahrleitungsbetrieb erfolgt der Antrieb oft noch durch einen oder zwei große, im Maschinenraum angeordnete Elektromotoren (\rightarrow elektrische Maschine), deren Drehmoment mittels Blindwellen und Treibstangen auf die Treibachsen übertragen wird. Moderne elektrische L.n haben Einzelachsantrieb, d. h., jede Achse wird durch einen besonderen Motor angetrieben. Bei L.n für Geschwindigkeiten bis zu etwa 100 km/h verwendet man den Tatzlagerantrieb (\rightarrow Tatzlagermotor). Um die unabgefederte Masse herabzusetzen, sind bei L.n für höhere Geschwindigkeit die Motoren fest im Drehgestellrahmen gelagert. Die Kraft wird auf eine ebenfalls fest im Rahmen gelagerte, die Treibachse umschließende Hohlwelle und von dieser zum Ausgleich des Federspiels über elastische Kuppelungssysteme auf die Treibachse übertragen. Man läßt auch Tatzlagermotoren auf Hohlwellen arbeiten und kuppelt diese durch Gummiringfedern mit der Treibachse. Neuerdings werden auch Einmotordrehgestelle (*Monomotorantrieb*) verwendet, bei denen ein Elektromotor die miteinander durch Zahnäder gekuppelten zwei bzw. drei Achsen eines Drehgestells antreibt. Während bei den älteren Bauarten die Treibachsen meist im Hauptrahmen gelagert sind und zusätzliche Laufachsen einen Teil der Lokomotivlast aufnehmen, werden neuere Bauarten nur noch als Drehgestell-Lokomotiven mit zwei- oder dreiachsigen Drehgestellen ausgeführt, bei denen die ganze Masse der L. als Reibungslast ausgenutzt wird. Die Steuerung der Fahrgeschwindigkeit elektrischer L.n geschieht vorwiegend durch Veränderung der Klemmenspannung an den Fahrmotoren. Nach dem \rightarrow Bahnstromsystem unterscheidet man Wechselstrom-, Gleichstrom- und Mehrsystemlokomotiven. Bei fahrleitungsgebundenen elektrischen L.n fließt der Strom von der \rightarrow Fahrleitung über den \rightarrow Stromabnehmer zum Hauptschalter, der die L. bei Kurzschluß selbsttätig abschaltet. Bei Wechselstromlokomotiven fließt der Strom weiter zu einem mit zahlreichen Anzapfungen versehenen Haupttransformator, dem über ein Schaltwerk eine veränderliche Spannung entnommen und den Motoren zugeführt werden kann (0 bis 600 bzw. 1000 V). Diese Art der Steuerung ist einfach und verlustfrei. Als Fahrmotoren werden stets Reihenschluß-Kommutatormotoren verwendet. Die bei Wechselstromspeisung erschwerte Kommutierung ist durch Wahl einer niedrigen Frequenz (z. B. 16 2/3 Hz) gut zu beherrschen. Bei 50-Hz-Lokomotiven werden die Schwierigkeiten dadurch umgangen, daß zwischen Transformator und Fahrmotor Gleichrichter (Ignitrons oder Siliziumgleichrichter) eingeschaltet und die Fahrmotoren mit Gleichstrom gespeist werden (Gleichrichterlokomotiven). In neuester Zeit setzt man bei Gleichrichterlokomotiven zur Veränderung der Motorklemmenspannung mit Erfolg steuerbare Halbleitergleichrichter (Thyristoren) ein, die eine Abschnittsteuerung ermöglichen. Umformerlokomotiven, in denen rotierende Umformer entweder Gleichstrom oder auch Drehstrom für die Speisung der entsprechenden Fahrmotoren erzeugen, werden heute kaum noch gebaut. Bei Gleichstromlokomotiven fließt der Strom vom Hauptschalter zu den steuerbaren Anfahrwiderständen und dann direkt zu den Fahrmotoren. Die Fahrleitungsspannung ist auf höchstens 3000 V begrenzt, wobei ein Motor wegen der Isolation mit maximal 1500 V beaufschlagt werden kann. Um die Verluste zu verringern, schaltet man die Motoren zunächst in Reihe, dann parallel und wendet außerdem Feldschwächung an. Man erhält so einige verlustfreie Dauerfahrstufen. Durch die Anwendung von Thyristoren

wird Impulssteuerung möglich, die auch bei Gleichstromlokomotiven verlustfreie Steuerung erlaubt. Weiteres \rightarrow elektrische Bahnen.

Mehrsystemlokomotiven sind elektrische L.n, die für den Einsatz in den Bereichen von zwei oder mehr verschiedenen Bahnstromsystemen eingerichtet sind und das Durchlaufen der Züge an den Stoßstellen erlauben (\rightarrow Systemwechsel). Der Antrieb elektrischer Triebfahrzeuge durch \rightarrow Linearmotoren befindet sich im Versuchsstadium.

Bei allen fahrleitungsgebundenen elektrischen L.n erfolgt die Rückleitung des Stromes über die Räder zu den Fahrschienen. Bei Anwendung von elektrischer Bremsung (besonders bei höheren Geschwindigkeiten erwünscht) werden die Fahrmotoren als Generatoren geschaltet. Die erzeugte elektrische Energie wird entweder in Widerständen in Wärme umgesetzt (Widerstands- oder Kurzschlußbremse) oder in die Fahrleitung zurückgespeist (Nutz- oder Rekuperationsbremse).

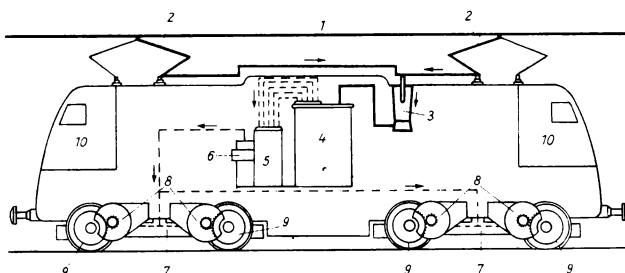
b) **Akkumulatorlokomotiven (Speicherlokomotiven)** sind elektrische L.n, deren Fahrmotoren die elektrische Energie einer starken Akkumulatorbatterie (\rightarrow Akkumulator) entnehmen. Sie werden vornehmlich in feuergefährdeten Betrieben und in Bergwerken verwendet. Bei **Akkuelektischen L.n** (im Bergbau als **Verbundlokomotiven** bezeichnet) können die Motoren den Fahrstrom je nach Bedarf entweder der Fahrleitung (bei Wechselstrom höherer Spannung unter Zwischenschaltung von Transformatoren und Gleichrichtern) oder der Batterie entnehmen. Diese L.n werden eingesetzt, wenn Gleise mit und ohne Fahrleitung elektrisch befahren werden sollen.

c) **Zweikraftlokomotiven** sind elektrische L.n, die ihre Energie auf elektrifizierten Streckenabschnitten aus der Fahrleitung, auf fahrleitungslosen Abschnitten aus einem auf der L. installierten Diesel-Generatorsatz beziehen. Sie werden in zunehmendem Maße im Bergbau- (Tagebau-) betrieb eingesetzt.

d) **Gyrolokomotiven** haben einen mechanischen Energiespeicher (Schwungmasse), der bei Anschluß an ein elektrisches Netz durch einen Elektromotor in Drehung gebracht wird (\rightarrow Gyroantrieb). Sie werden als Rangierlokomotiven besonders in feuergefährdeten Betrieben verwendet.

Auf steilen Gebirgsstrecken werden **Zahnradlokomotiven** eingesetzt. Sie können als Dampflokomotiven, Diesellokomotiven oder elektrische L.n gebaut werden (\rightarrow Zahnradbahn).

L.n mit Kernenergieantrieb (**Atomlokomotiven**) wurden in der UdSSR und den USA entworfen. Sie bestehen aus einem Kernreaktor mit nachgeschalteter Kolbendampfmaschine sowie einer Gasturbine. Der Spaltprozeß und die freiwerdende Strahlung erfordern besondere Vorsichtsmaßnahmen, so daß für eine Verwirklichung des



3 Elektrische Lokomotive (schematischer Schnitt). 1 Fahrdrabt, 2 Stromabnehmer, 3 Hauptschalter, 4 Haupttransformator, 5 Nockenschaltwerk, 6 Feinregler, 7 Drehgestell, 8 Fahrmotoren, 9 Treibräder, 10 Führerstand. — Fahrdrabtspannung, — — — transformierte Spannung

Projektes erhebliche bauliche, metallurgische und betriebliche Schwierigkeiten entstehen. Nach dem derzeitigen technischen Stand ist die Atomlokomotive der Diesellokomotive nicht überlegen; zum anderen bestehen in Europa bei den relativ kurzen Entfernungen kaum Möglichkeiten des Einsatzes.

Bezeichnung der L.n. a) Kennzeichnung der *Achsfolge* (Achsformel): Bei der Deutschen Reichsbahn kennzeichnet man die Anzahl der angetriebenen Achsen (bei Stangenlokomotiven Treib- und Kuppelachsen) durch einen großen lateinischen Buchstaben, z. B. A = 1, B = 2, C = 3; bei Einzelachsantrieb wird der Index 0 hinzugefügt, z. B. B₀, C₀. Die Zahl der vor oder hinter den angetriebenen Achsen liegenden Laufachsen wird durch je eine arabische Ziffer gekennzeichnet, Beweglichkeit gegenüber dem Hauptrahmen wird durch das Auslassungszeichen (') angedeutet. So bedeutet z. B. 2' C 1' eine L. mit drei angetriebenen, fest im Rahmen gelagerten Achsen sowie zwei vorderen und einer hinteren Laufachse, wobei die Laufachsen in Drehgestellen gelagert sind. Das Vorhandensein mehrerer Achsgruppen, z. B. bei Mallet-L.n., wird durch getrenntes Anführen ausgedrückt, notfalls unter Zuhilfenahme von Klammern. So bedeutet z. B. B'B eine vierachsige L., deren vordere und hintere Achsen jeweils durch ein besonderes Zylinderpaar angetrieben werden und deren erste beiden Achsen außerdem in einem Drehgestell gelagert sind; (1 C₀)' (C₀ 1)' bedeutet eine L. mit zwei Drehgestellen, von denen jedes eine Laufachse und drei Treibachsen mit Einzelantrieb enthält. Bei L.n., die aus einzelnen Teilen (Sektionen) bestehen, die auch allein noch voll betriebsfähig sind, wird das Zeichen + verwendet. So bedeutet C + C eine aus zwei Teilen mit je drei angetriebenen Achsen zusammengesetzte L., wobei die beiden Teile auseinandergekuppelt werden können. Moderne Diesel- und Elloks besitzen ausschließlich Treibachsen, die in zweiachsigen (B₀' B₀') oder dreiachsigen (C₀' C₀') Triebdrehgestellen zusammengefaßt sind. Die Achsformel wird am Fahrzeug nicht angeschrieben.

b) Eine weitere Bezeichnung der L.n. bildet die an der L. angeschriebene Nummer, die den *Verwendungszweck* angibt. Die Nummer besteht aus einer zweistelligen Stammnummer und einer zwei- bis vierstelligen Ordnungsnummer, von der die erste oder die ersten beiden Stellen zuweilen eine Unterbaureihe darstellen. Bei Dampflokomotiven bedeuten Stammnummer 01 bis 19 Schnellzuglokomotiven, 20 bis 39 Personenzuglokomotiven, 40 bis 59 Güterzuglokomotiven, 60 bis 61 Schnellzug-Tenderlokomotiven, 62 bis 79 Personenzug-Tenderlokomotiven, 80 bis 96 Güterzug-Tenderlokomotiven, 97 Zahnradlokomotiven, 98 Lokalbahnlokomotiven (Verwendung nur auf bestimmten Nebenbahnen), 99 Schmalspurlokomotiven. Elektrische L.n. weisen vor der Stammnummer den Buchstaben E auf. Die beiden letzten Stellen der Stammnummer dienen wiederum der Unterteilung nach dem Einsatzgebiet. Dabei bedeuten E 01 bis 29 elektrische Schnellzuglokomotiven, E 30 bis 59 elektrische Personenzuglokomotiven und E 60 bis 99 elektrische Güterzuglokomotiven. Die erste Stelle der Stammnummer (Hundertertstelle) wird zur Kennzeichnung der Stromart (→ Bahnstromsystem) verwendet. Die Ziffer 0 (Stammnummern 01 bis 99) bezeichnet Einphasenwechselstromlokomotiven für 16 2/3 Hz, die Ziffer 1 (101 bis 199) wird bei Gleichstromlokomotiven vorgesetzt, die Ziffer 2 kennzeichnet Einphasenwechselstromlokomotiven für 50 Hz, die Ziffer 3 bedeutet Zweifrequenzlokomotiven für 16 2/3 Hz und 50 Hz, die Ziffer 4 umfaßt schließlich alle Mehrsystemlokomotiven für Gleichstrom und Einphasenwechselstrom. Die gleiche Unterteilung

nach dem Stromsystem wird bei elektrischen → Triebwagen (ET) vorgenommen. Dieselloks haben als Kennbuchstaben ein V. Die 2- bis 3stellige Stammnummer gibt ein Zehntel der gesamten eingebauten Motorleistung in PS an; V 180 bezeichnet demzufolge eine Diesellokomotive mit 1800 PS Motorleistung. Dabei werden die Einzelleistungen mehrerer Dieselmotoren einer L. zu einer Gesamtleistung addiert. Eine Kennzeichnung der Verwendungsart ist bei Diesellokomotiven nicht üblich.

Lit. Deinert: Elektrische L.n. (2. Aufl. Berlin 1965); Eckhardt: Die Konstruktion der Dampflokomotive und ihre Berechnung (Berlin 1952); Gerlach: Für unser Lokarchiv (Berlin 1961); Griebel u. Schadow: Verzeichnis der deutschen L.n. 1923–1963 (Berlin 1966); Maedel: Die deutschen Dampflokomotiven gestern und heute (4. Aufl. Berlin 1967); Niederstrasser: Leitfaden für den Dampflokomotivdienst (Frankfurt/M. 1957); Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge (2 Bde München 1958); Stolte: Die Entwicklung der elektrischen L.n. (Leipzig 1956); Weikelt u. Teufel: Die Technologie der Ausbesserung der Dampflokomotiven (Berlin 1962); Wendler: Die Dampflokomotiven der Deutschen Reichsbahn (Berlin 1955); Lokomotivkunde (6 Hefte Leipzig 1955/57); Die Dampflokomotive (2. Aufl. Berlin 1965); Kleinlokomotiven und die BR V 15 (2. Aufl. Berlin 1967); Bäzold u. Fiebig: Archiv elektrischer L.n. (2. Aufl. Berlin 1966); Fachkunde für Dieseltriebfahrzeuge (Berlin 1967); Kunicki: Deutsche Dieseltriebfahrzeuge – gestern und heute (2. Aufl. Berlin 1968); Taschenb. Diesellokomotiven (Berlin 1967); Leitfaden der Dieseltriebfahrzeuge (Berlin 1967); Ztschr.: Schienenfahrzeuge (Berlin).

Löllingit, Arsenikalkies, ein Mineral, FeAs₂; rhombisch, weiß, grau anlaufend, Härte nach Mohs 5 bis 5,5, D. 7,4 bis 7,5 g cm⁻³. L. kommt auf hydrothermalen Gängen und in metasomatischen Lagerstätten vor.

longitudinal, längs verlaufend, z. B. Longitudinalwelle (→ Welle, → Erdbeben).

long ton, → ton 3).

LORAN, ein System der → Funkortung.

Lorentz-Kraft, die Kraft, die auf eine bewegte Ladung e in einem elektromagnetischen Feld ausgeübt wird: $k = e(E + vB)$, wobei E = elektrische Feldstärke, B = magnetische Induktion und v = die Geschwindigkeit der bewegten Ladung.

Lorentzsche Kontraktionshypothese, → Lorentz-Transformation, → Relativitätstheorie.

Lorentz-Transformation, Umrechnungsbeziehung zwischen den Raum- und Zeitkoordinaten zweier gleichförmig zueinander bewegter physikalischer Bezugssysteme, Grundlage der speziellen Relativitätstheorie. Sie lautet im einfachsten Fall

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (y' = y, z' = z),$$

$$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (c = \text{Lichtgeschwindigkeit}),$$

wenn x', y', z', t' Raum- und Zeitkoordinaten eines Bezugssystems sind, das sich gegenüber einem anderen x, y, z, t mit der Geschwindigkeit v bewegt, wobei entsprechende Achsen parallel sind und die Bewegung in Richtung der x -Achse erfolgt. Diese Beziehungen lassen sich unter Beachtung der Lichtgeschwindigkeit ableiten. Aus ihnen folgt die Tatsache der **Lorentz-Kontraktion**, wonach die Länge eines Stabes, der sich gegenüber dem Beobachter mit der Geschwindigkeit v bewegt, um den Faktor $\sqrt{1 - (v/c)^2}$ verkürzt erscheint. Eine weitere Folge der L.-T. ist die **Zeitdilatation** (Zeitdehnung): Eine mit der Geschwindigkeit v bewegte Uhr geht für einen ruhenden Beobachter langsamer als für einen mitbewegten Beobachter. Anders gesagt: Ist Δt ein mit einer ruhenden Uhr gemessenes Zeitintervall, so ist dasselbe Zeitintervall, gemessen von einem bewegten Beobachter an der mitbewegten Uhr, kürzer, es ist nämlich $\Delta t' = \Delta t \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Daraus ergibt sich hypothetisch, daß ein mit einem sehr schnellen

Weltraumschiff Reisender nicht so rasch alt wird wie ein Erdbewohner. Sind beispielsweise auf der Erde $\Delta t = 10$ Jahre vergangen, so ist bei $v = 0,95c$ der Reisende erst $\Delta t' = 1$ Jahr älter geworden. So paradox diese Folgerung der speziellen Relativitätstheorie ist, so ist sie doch durch Untersuchungen des Mesonenzerfalls in der kosmischen Strahlung bereits experimentell bewiesen. Die \rightarrow Galilei-Transformation ist als Grenzfall für kleine Geschwindigkeiten in der L.-T. enthalten.

Lorenz-Maschine, ein \rightarrow Mittelfrequenzgenerator.

Lorin-Rohr, ein Strahlrohr, \rightarrow Luftstrahltriebwerk.

Los, **Losgröße**, die Unterteilung einer Werkstückserie. Unter einem L. versteht man die auf einmal an einen Arbeitsplatz zur Bearbeitung gegebene Werkstückmenge eines Auftrages, die bei einem einmaligen Aufwand an Vorbereitungs- und Abschlußzeit gefertigt wird. Bei Kopplung der L.e ist nur einmaliger Aufwand der Vorbereitungs- und Abschlußzeit für die Anzahl der gekoppelten L.e erforderlich.

Löschgeräte, \rightarrow Handfeuerlöscher.

Löschkopf, \rightarrow Magnettonverfahren.

Loschmidt'sche Zahl, Kurz. N_L , die 1865 von J. Loschmidt aus der kinetischen Gastheorie bestimmte Anzahl der Moleküle in einem Mol. Sie hat den Wert $N_L = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (chemische Skala) bzw. $6,025 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (physikalische Skala); \rightarrow Atomgewicht).

Löschmittel, \rightarrow Feuerlöschmittel.

Löschspannung, \rightarrow Gasentladung.

Löß, ein gelbes, ungeschichtetes, lockeres Sediment mit Körnern von 0,01 bis 0,05 mm Durchmesser, das sich aus Quarz, Feldspat und Kalzit neben Glimmer und Nebenbestandteilen zusammensetzt. In Oberflächennähe ist der L. durch Sickerwässer entkalkt, die Silikate sind verwittert, und das Gestein ist durch Eisenoxidhydrat braun gefärbt (Lößlehm). Der gelöste Kalk hat sich im tieferen Löß in unregelmäßigen Konkretionen (Lößpuppen, Lößkindel) wieder ausgeschieden. L. bildet häufig senkrechte Wände (Hohlwege). Der europäische ist ebenso wie der nordamerikanische L. Staub, der während der Eiszeiten vom Winde aus den Moränen- und Flußablagerungen ausgeblasen und in Steppen- gebieten abgelagert wurde. Der sehr viel mächtigere (bis mehr als 100 m) chinesische L. stammt aus den Trockenwüsten Innerasiens.

Lößboden ist sehr fruchtbar; die feinen Poren des Bodens sind auch bei anhaltender Trockenheit in einer für die Pflanzen noch erreichbaren Tiefe von Kapillarwasser erfüllt. Aus L. entstehen unter geeigneten Bedingungen wertvolle Bodentypen, z. B. Schwarzerde.

Lost, svw. \rightarrow Yperit.

Lostage, bestimmte Tage, aus deren Wetter ein Schluß auf den weiteren Witterungsverlauf möglich sein soll, z. B. Dreikönigstag, Lichtmeß, Johannistag, Siebenschläfer u. a. Obwohl die Witterungserhaltungstendenzen zeigt, fallen die Anfänge gleichartiger Witterungsperioden durchaus nicht häufiger auf L. als auf beliebige andere Tage.

Lösung, eine einheitliche, homogene Phase verschiedener Stoffe in unterschiedlichen Mengenverhältnissen. Die gegenseitige Verteilung der Komponenten in der L. ist molekularispers (echte L.), d. h., die Teilchengröße der Komponenten in der Lösung liegt bei 10^{-7} bis 10^{-8} cm. Im allg. bezeichnet man eine L., bei der die Komponenten in etwa gleich großen Mengen vorhanden sind und sich unter gleichen äußeren Bedingungen von Temperatur und Druck in reiner Form meist in demselben Aggregatzustand wie die L. befinden, als *Mischung*. Ist dagegen eine Komponente der L. in überwiegender Menge vorhanden,

bezeichnet man sie als *Lösungsmittel*, in dem die anderen Komponenten der L. gelöst sind. Das Verhältnis zwischen der Menge an gelöstem Stoff und der Menge an Lösungsmittel wird durch die Konzentration ausgedrückt.

Als L.en bezeichnet man in der Regel nur flüssige und feste Phasen.

Flüssigkeiten mischen sich entweder in jedem Verhältnis, d. h. sie sind gegenseitig unbegrenzt löslich (z. B. Äther und Alkohol), oder ihre gegenseitige Mischbarkeit ist begrenzt (z. B. Wasser und Phenol). Gase werden von manchen Feststoffen (z. B. Wasserstoff von Platin und Palladium) und besonders von Flüssigkeiten (z. B. Kohlendioxid von Wasser) in erheblicher Menge aufgenommen.

Lösungen im festen Zustand können entweder im amorphen Zustand vorliegen, z. B. Fensterglas und glasartig erstarrte vulkanische Gesteine, oder aber im kristallinen festen Zustand als \rightarrow Mischkristall. Am häufigsten sind flüssige Lösungen fester Stoffe in flüssigen Lösungsmitteln.

Ein Lösungsmittel kann einen bestimmten festen Stoff meist nur bis zu einer bestimmten Höchst- oder Sättigungskonzentration lösen, die man auch als Löslichkeit des betreffenden Stoffes in dem jeweiligen Lösungsmittel bezeichnet und meist in Gramm gelöster Stoff in 100 g Lösungsmittel angibt. Bei einer **ungesättigten** L. liegt die Konzentration des gelösten Stoffes unter der Sättigungskonzentration, bei einer **gesättigten** L. ist die Konzentration des gelösten Stoffes gleich der Sättigungskonzentration, und überschüssiger Stoff verbleibt ungelöst als Bodenkörper im Gleichgewicht mit der gesättigten L. (Löslichkeitsgleichgewicht). Eine **übersättigte** L., die mehr gelösten Stoff enthält als der Sättigung entspricht, geht bei Anwesenheit von Kristallisationskeimen unter Ausscheidung des überschüssig gelösten Stoffes in eine gesättigte L. über. Die Konzentration wird als Normalität, Molarität oder Molalität (\rightarrow Konzentration) angegeben. L.en fester Stoffe in flüssigen Lösungsmitteln haben einen höheren Siedepunkt (Siedepunkterhöhung) und einen niedrigeren Gefrierpunkt (Gefrierpunktserniedrigung) gegenüber dem reinen Lösungsmittel. Beide Erscheinungen gestatten die Bestimmung des Molekulargewichts gelöster Stoffe (\rightarrow Kryoskopie, \rightarrow Ebullioskopie).

Bei **idealen** L.en sind die van-der-Waals'schen Kräfte zwischen den Lösungsmittelmolekülen und den Molekülen des gelösten Stoffes ebenso groß wie die Kräfte zwischen den Molekülen der reinen Komponenten. Sie lassen sich (im Idealfall) ohne Mischungseffekte herstellen, die Lösungswärme ist gleich der Schmelzwärme des gelösten Stoffes. Im Gegensatz zu den **realen** Lösungen, bei denen sich die Moleküle aller Komponenten gegenseitig beeinflussen, können die Eigenschaften der idealen Lösung aus den Eigenschaften der reinen Bestandteile thermodynamisch berechnet werden.

Lösungswärme, die Wärme, die beim Auflösen eines Stoffes in einem Lösungsmittel frei oder verbraucht wird. Die **integrale** L. ist diejenige Wärme, die bei Auflösung eines Stoffs in einer der Konzentration c entsprechenden Lösungsmittelmenge auftritt. Ist c die Sättigungskonzentration, so bezeichnet man diese integrale L. als **ganze** L. Die **differentielle** L. ist die Wärme, die man bei Auflösung einer unendlich kleinen Stoffmenge in einer Lösung bestimmter Konzentration erhält, so daß die Konzentration sich praktisch nicht ändert. Die **letzte** L. ist die differentielle L. bei der Sättigungskonzentration.

Lot n , 1) Mathematik: eine Gerade, die auf einer anderen Geraden oder einer Ebene senkrecht steht. Das L. eines Punktes auf eine Gerade ist die kürzeste aller Verbindungsstrecken dieses Punktes mit der Geraden. Sie steht senkrecht auf dieser Geraden. Der Punkt, in dem das L.



Lot

die Gerade bzw. die Ebene trifft, heißt sein *Fußpunkt*.

2) Bauwesen: **Senkblei, Senklot**, ein Gerät zur Überprüfung der Lotrechten (senkrechten) Stellung von Bauteilen (Mauern, Mauerecken, Pfeilern). Es besteht aus einem an einer Schnur hängenden, konisch gedrehten Stahl- oder sonstigen schweren Metallstück.

3) Geodäsie: eine Einrichtung zur Aufstellung eines Vermessungsinstruments genau über einem vorgegebenen Punkt der Erdoberfläche (→ Festpunkt, Punkt einer Straßenachse usw.). Das **Schnurlot** kann unter der Vertikalachse des Instruments angehängt werden. Das **Stablot** ist ein unter der Vertikalachse am Stativ anklemmbares, unten mit einer Spitze versehenes Aluminiumrohr, das optische L. ein in die Vertikalachse des Unterbaus moderner → Theodolite eingebautes, schwach vergrößerndes → Zielfernrohr, dessen Zielachse bei senkrecht eingestellter Vertikalachse des Theodolits lotrecht nach unten zeigt. Der Okulareinblick ist seitlich am Dreifuß. Der Theodolit befindet sich dann genau über dem Aufstellungspunkt, wenn dessen Bild im Fadenkreuz des optischen L. es ist.

4) Schifffahrt: ein Gerät zum Messen der Wassertiefe. Der **Peilstab** ist eine Latte mit Längeneinteilung für flache Gewässer. Das **Handlot** besteht aus einem konischen Bleigewicht von 3 bis 5 kg Masse und einer Leine von 35 bis 45 m, das **Mittelot** aus einem konischen Bleigewicht mit 8 bis 10 kg Masse und einer Leine von 60 bis 100 m. Die Lotleinen werden in Abständen von 2 m durch eingeknotete farbige Bänder bzw. Lederstreifen (je 10 m) gemarkt. Die meisten Schiffe sind heute mit dem Ultraschall-echo- oder Ultraschallortung.

5) Metallurgie: eine Legierung (**Lotlegierung**) oder (seltener) ein reines Metall, das zur Verbindung metallischer Werkstoffe eingesetzt wird. Je nach Schmelztemperatur der L. unterscheidet man zwischen Weich- und Hartloten (TGL 14908, Blatt 1 bis 6). **Weichlote** sind hauptsächlich auf Blei- oder Zinnbasis aufgebaut mit einer Schmelztemperatur < 450 °C. **Hartlote** sind hauptsächlich auf Kupfer- bzw. Silberbasis aufgebaut mit einer Schmelztemperatur > 450 °C. L. dienen ferner als Heizbadflüssigkeit.

6) alte Masseinheit. 1 Lot = 12,797 Gramm. 1 Neulot = 10 Gramm.

Löten, das unlösbare, stoffschlüssige Verbinden metallischer Werkstücke durch Legierungen, seltener reine Metalle, die → Lote. Man bringt das Lot in geschmolzenem Zustand unter Zusatz eines Flußmittels auf, das die Verbindung zwischen Lot und Werkstück fördert, indem es die die Lötung beeinträchtigende Metalloxidschicht zerstört. Nach Erstarren des Lotes ist die Verbindung hergestellt. Als Flußmittel dienen Löt- wasser, Lötöfen mit Salmiak- oder Kolophonium- gehalt, Salmiak NH_4Cl , Kolophonium oder verdünnte Salzsäure zum Weichlöten und Borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, Borsäure H_3BO_3 oder Natriumphosphat Na_3PO_4 zum Hartlöten.

Nach der Schmelztemperatur des zum L. verwendeten Lotes unterscheidet man Weichlöten (bis 450 °C) und Hartlöten (oberhalb 450 °C). Das **Weichlöten** (mit Weichlot, → Lot) ergibt dichte, aber mechanisch nicht sehr hoch und thermisch nur bis etwa 100 °C beanspruchbare Verbindungen. Zum Schmelzen des Lotes verwendet man dabei meist einen **LötKolben** aus Kupfer. Eine Sonderform ist das **Modellierlöten**, das zum Ausbessern von Gußstücken dient. Beim **Reaktionslöten** wird ein pasten- oder pulverförmiges Lötmedium verwendet, das ein Metallsalz enthält, z. B. Zinkchlorid ZnCl_2 . Bei etwa 300 °C schmilzt das Lötmedium, und metallisches Lot, z. B. Zink, scheidet sich aus. Beim **Weichlöten**

mit **Infrarot-Heizung** können normale Industrie- strahler als Wärmequelle verwendet werden.

Das **Hartlöten** (mit Hartlot, → Lot) ergibt dichte, sehr hitzebeständige Verbindungen. Arten des Hartlötens: Beim **Tauchlöten** ist das geschmolzene Lot (Lötbad) zugleich Wärmequelle für das Werkstück. Beim **Ofenlöten** wird das Lötgut in einen elektrisch oder gasbeheizten Muffelofen (Lötöfen) eingebracht. Neuerdings füllt man diese Öfen zum L. von Stahlteilen mit einem reduzierenden Schutzgas (**Schutzgas-Hartlöten**), wodurch sich das vorwiegend aus reinem Kupfer bestehende Lot ungehindert über die metallisch blanke Oberfläche des Lötgutes verteilen kann und infolge Kapillarwirkung selbst in feinste Risse der Werkstückoberfläche eindringt. Das Ofenlöten wird angewendet bei Stahl, Grauguß, Kupfer, Kupferlegierungen, Zink- legierungen.

Beim **elektrischen Widerstandslöten** werden die miteinander zu verbindenden, vorher verzinn- ten Teile mit einem Flußmittel bestrichen, nach Einlegen von Lotstreifen zwischen Elektroden aus Elektrolytkupfer oder Kupferlegierungen gespannt und unter Druck durch elektrischen Strom erhitzt (Widerstandserhitzung), z. B. angewendet zum Auflöten von Hartmetallplätt- chen auf Drehmeißel u. a.

Das **Induktionslöten** ist ein Hartlötverfahren, bei dem die Teile mittels eines in ringförmigen Spulen durch Mittel- oder Hochfrequenz erzeugten Magnetfeldes induktiv erwärmt werden. Der Vorteil besteht in der äußerst kurzen Anwär- zeit und darin, daß die Wärme fast ausschließlich auf die zu lötende Stelle konzentriert und diese gleichmäßig erwärmt wird. Je nach Größe der zu verbindenden Teile arbeitet man mit Frequenzen von 3 kHz an aufwärts.

Beim **Hochfrequenzlöten** wird durch Kurz- wellen ein durch einen Gasstrom auseinander- gezogener Lichtbogen mit Spitzentemperaturen von 3400 °C erzeugt; den erforderlichen hoch- frequenten Strom liefert ein Magnetrongenerator.

Beim **Ultraschalllöten**, das man für Verbindun- gen von Leichtmetallteilen (besonders aus Alu- minium), vor allem von Folien und dünnen Drähten, anwendet, wird durch Ultraschall- schwingungen von 20 kHz die Oxidschicht des Leichtmetalls zerstört und eine gut haftende Lötung ermöglicht.

Bei dem selteneren **Spritzlöten** können durch Aufspritzen von Pulver oder Drähten auf die zu lötenden Stellen und anschließendes Aufschmel- zen Weich- und Hartlotverbindungen hergestellt werden. In der Regel genügt eine Schichtdicke von 0,03 bis 0,10 mm. Das Aufschmelzen kann mit verschiedenen Wärmequellen erfolgen.

Lit. Chrenow: Schweißen, Schneiden und L. von Metallen (dtsh Halle 1958); Lüder: Handb. der Löt- technik (Berlin 1952); Schwoch u. Blume: Das Bearbei- gen der Metalle (5. Aufl. Leipzig 1954).

Loxodrome f, die Verbindungslinie zweier Punkte der Erdoberfläche, die alle Meridiane unter gleichem Winkel schneidet. Wegen der Konvergenz der Meridiane nach den Polen zu ist die L. im Unterschied zur → Orthodrome kein Großkreis, also nicht die kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche. Die L. wird auf Karten im winkeltreuen Mercator- entwurf (→ Kartennetzentwürfe) als Gerade aus- gebildet. Bei einer Fahrt auf der L. ändert sich der Kurs nicht.

LRS-Verfahren, → Kracken.

LTH, Abk. für luteotrophes Hormon, → Hormone.

Lu, Symbol für → Lutetium.

Ludlow, → Silur.

Ludolfsche Zahl, die Zahl → Pi (π).

Ludwig-Soret-Effekt, → Thermodiffusion.

LUF, → Kurzwellen.

Luft, das die Erde umhüllende Gasgemisch, → Atmosphäre. Über flüssige L. → Gasverflüssigung. **Luftabwehrwaffen**, Waffen zur Bekämpfung von Luftzielen (Flugzeugen, Hubschraubern, Ballons) vom Boden aus. **Fliegerabwehrkanonen** (abg. **Flak**) sind → Geschütze, die mit großem Erhöhungswinkel schießen können und deren Granaten eine hohe Anfangsgeschwindigkeit aufweisen. Gegen Ziele bis 4000 m Höhe kann leichte Flak (Kaliber bis 70 mm), gegen Ziele bis 10 000 m Höhe mittlere Flak (Kaliber 70 bis 100 mm) wirken. Die schwere Flak (Kaliber über 100 mm), die früher zur Bekämpfung von Zielen in der Stratosphäre benutzt wurde, hat angesichts der Flak-Raketen (s. u.) ihre Bedeutung verloren. Die Weiterentwicklung der Flak richtet sich heute auf die leichten Maschinenwaffen (teilweise auf Selbstfahrlafette) mit mehreren Rohren (z. B. 23-mm-Zwillings- oder Vierlingswaffen), bei denen jedes einzelne Geschütz mit einer eigenen Feuerleitanlage versehen ist. Geschützrichtstationen (Radar), elektronische Feuerleit- und Kommandogeräte sowie Radar-Abstandsfinder in den Granaten (bei mittlerer Flak) haben eine Erhöhung der Treffsicherheit mit sich gebracht. Flak kann auch gegen Erdziele, besonders Panzer, in direktem Richten verwendet werden. Gegen tiefliegende Ziele, vor allem Hubschrauber setzt man auch zu Zwillings-, Drilling- oder Vierlingswaffen gekoppelte **Fliegerabwehrmaschinengewehre** (abg. **Fla-MG**) mit Kalibern zwischen 12,7 und 14,5 mm auf Drehlafetten ein. Die modernsten L. sind gegenwärtig **Fliegerabwehrraketen** (abg. **Fla-Raketen**), die Ziele in Höhen über 30 km und auf Entfernungen von etwa 150 km bekämpfen können (→ Raketenwaffen).

Zur Luftverteidigung von Ländern, Staatenblöcken oder Kontinenten sind die L. zusammen mit Jagdfliegerkräften (→ Militärflugzeuge) und funktchnischen Mitteln zu teilweise automatisierten **Luftverteidigungssystemen** zusammengefaßt.

In enger Verbindung mit den L. stehen heute die Kampfmittel zur Abwehr von Raketen und kosmischen Waffen (künstliche Erdsatelliten für militärische Zwecke). Mit Antiraketen ist heute die Vernichtung von Raketen und kosmischen Kampfmitteln in Höhen von etwa 100 bis 500 km möglich (→ Raketenwaffen).

Luftaufbereitung, svw. → Luftbehandlung.

Luftbehandlung, Luftaufbereitung, alle Maßnahmen zur Verbesserung der Luft in einem Raum, wie Reinigung, Erwärmung, Kühlung, Be- und Entfeuchtung sowie Ozonisierung (Erhöhen des Ozongehaltes der Luft). In der → Klimaanlage sind verschiedene Luftbehandlungsanlagen kombiniert.

Luftbereifung, ein aus einem Reifen mit oder ohne Luftschlauch bestehender, mit Luft gefüllter Hohlkörper. Er stellt das elastische Bindeglied zwischen dem Rad eines Fahrzeuges und der Fahrbahn dar.

Der Luftschlauch aus Gummi wird durch ein Ventil mit Luft gefüllt; er ist von dem ihn schützenden Reifen (Decke) umgeben. Hauptteile des Reifens: 1) Der Unterbau (Karkasse) als Festigkeitsträger besteht gewöhnlich aus mehreren gummierten, gekreuzt eingearbeiteten Kordgewebelagen mit den Wulstkernen (zu einem Bündel vereinigte Stahldrähte, die die Gewebelagen verankern und dem Reifen den erforderlichen festen Sitz auf der Felgenschulter geben). Der **Gürtelreifen** besitzt eine Karkasse mit radial verlaufenden Kordfäden, auf die eine Bandage aus gekreuztem Stahl- oder Textilkord (Gürtel) aufgebracht ist. Dieser Gürtel hat den Vorteil großer Seitensteifigkeit und damit besserer Seitenführungseigenschaften, geringeren Rollwiderstandes und geringeren Verschleißes. 2) Der

Zwischenbau aus einem Gummipolster und vielfach einem darin eingebetteten weitmäschigen Zwischenbaugewebe (Breaker) soll die harten Stöße von der Straße her dämpfen und damit die Karkasse schützen. 3) Der Laufstreifen (Protektor) aus hochabriebfestem Gummi ist profiliert (Blöcke, Rippen, Rillen, Lamellen) und stellt den Kraftschluß zur Straße her; er schützt zusammen mit dem Seitengummi die Karkasse vor Beschädigungen und Witterungseinflüssen. Die Laufflächenprofilierung ist z. T. dem jeweiligen Verwendungszweck besonders angepaßt; so haben z. B. Traktorreifen ein hohes grobstolliges und sich selbst reinigendes Profil. Ebenso sind Geländereifen grob profiliert, während Reifen für normalen Straßenbetrieb eine weitgehend feinprofilierete Lauffläche aufweisen.

Reifen und Luftschlauch werden von der Radfelge (→ Felge) aufgenommen. Bei Flachbettfelgen liegt auf der Felge noch ein Wulstband, das den Luftschlauch gegen Scheuern durch die Wülste schützen soll. In geteilte Tiefbettfelgen und in Tiefbettfelgen an Speichenrädern wird ein Felgenband zum Schutz des Luftschlauches gegen Beschädigungen durch die Speichenrippel eingelegt.

Die Tragfähigkeit der L. ist von dem eingeschlossenen Luftvolumen und vom Innendruck abhängig. Der **Hochdruckreifen** mit einem Luftdruck von 5 bis 9 kp cm⁻² wird nur noch für Flurfördergeräte, Lastkarren u. dgl. verwendet. Als **Mitteldruckreifen** werden alle LKW-Reifen mit einem Luftdruck von etwa 4 bis 6,5 kp cm⁻² bezeichnet. **Niederdruckreifen** (Ballon- und Superballonreifen) werden für PKW verwendet. Der Superballonreifen als jüngste Type des Niederdruckreifens wird mit einem Luftdruck von 1,2 bis 1,8 kp cm⁻² gefahren. Mittel- und Niederdruckreifen haben infolge des geringen Luftdruckes unter anderem den Vorteil besserer Federungs- und Dämpfungseigenschaften.

Beim **schlauchlosen Reifen** ist kein Luftschlauch mehr erforderlich. Das Innere dieses Reifens ist luftdicht ausgekleidet; die besonders ausgebildeten Reifenwülste werden vom Luftdruck dichtend auf die Felgenschulter gedrückt. Erforderlich sind luftdichte und einwandfreie Felgen. Vorteile: geringere Masse, geringere Erwärmung bei hoher Fahrgeschwindigkeit, bessere Federungs- und Dämpfungseigenschaften, weitgehende Verminderungen von Platzpannen und der damit verbundenen Unfallgefahr.

Luftbild (Tafel 53), allgemein ein photographisches Bild der Erdoberfläche, das von einem Flugkörper (meist Flugzeug, aber auch Ballon oder Rakete) aus aufgenommen wird. Nach der Richtung der Aufnahmeachse des Aufnahmeapparates unterscheidet man Senkrecht-, Steil- und Schrägbilder. Für photogrammetrische Zwecke (**Luftbildmessung**, → Aerophotogrammetrie) werden heute fast ausschließlich Steilbilder aufgenommen, d. s. → Meßbilder, bei denen die Aufnahmeachse um wenige Neugrad von der Lotrechten abweicht. Steilbilder von genähert horizontalem Gelände haben ungefähr einheitlichen Maßstab und ähneln topographischen Karten. Sie unterscheiden sich von diesen jedoch durch einen wesentlich größeren Informationsgehalt, insbesondere in bezug auf Merkmale der Erdoberfläche.

Für die möglichst lückenlose Erfassung eines zusammenhängenden Gebietes der Erdoberfläche werden meist nicht einzelne L., sondern mehrere parallele Bildreihen aufgenommen. Die Richtung der Reihen ist dabei mit der Flugrichtung identisch.

Das aufzunehmende Gelände wird in der Regel in mindestens zwei benachbarten L. abgebildet. Für Zwecke der photogrammetrischen Auswertung hat sich eine Überdeckung in Flugrichtung

von 60 % (Längsüberdeckung) und quer zur Flugrichtung von 30 % (Querüberdeckung) eingebürgert. Zur Aufnahme der L. für photogrammetrische Zwecke dienen spezielle **Luftbildaufnahmegeräte** (→ Reihenmeßkammer).

Die L. dienen hauptsächlich zur Herstellung topographischer Karten (→ Photogrammetrie), daneben besitzen sie große Bedeutung für die Erschließung der Rohstoffquellen unerschlossener Gebiete. Als selbständiges Fachgebiet hat sich hier neben der Photogrammetrie die **Luftbildinterpretation** entwickelt. Hierbei werden die L. nicht geometrisch ausgemessen, sondern es werden die in ihnen vorhandenen Informationen über Merkmale der Erdoberfläche erfaßt.

Lit. → Photogrammetrie.

Luftbildmessung, svw. → Aerophotogrammetrie.

Luftbildplan, ein mit Rahmen und Titel versehenes Bildmosaik, das aus entzerrten und auf einheitlichen Maßstab gebrachten → Luftbildern zusammengesetzt ist und meist mit einem quadratischen Gitternetz überzogen wird. Die **Luftbildkarte** ist ein durch kartographische Überarbeitung (Schriftzusatz, Überzeichnung einzelner Elemente) ergänzter L.

Luftdruck, der Druck, den die atmosphärische Luft infolge der Schwerkraft auf ihre Unterlage ausübt. Er wird gemessen mit Hilfe des → Barometers, angegeben entweder in Torr oder in Millibar (Kurzsz. mbar). $1000 \text{ mbar} = 1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2} = 750 \text{ Torr}$; $1 \text{ mbar} = 10^3 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2} = 0,75 \text{ Torr}$. Der L. nimmt mit wachsender Höhe gesetzmäßig ab (→ barometrische Höhenstufe), er sinkt mit je $5\frac{1}{2} \text{ km}$ Höhenzunahme etwa auf die Hälfte, z. B. von 0 bis $5\frac{1}{2} \text{ km}$ Höhe von 1000 auf 500 mbar, von $5\frac{1}{2}$ bis 11 km Höhe von 500 auf 250 mbar. Um an verschiedenen Orten ermittelte Werte vergleichbar zu machen, werden sie auf 0°C (Temperaturkorrektion), Meeresspiegelhöhe (Höhenreduktion) und auf die Normalschwere unter 45° Breite (Schwerkorektion) umgerechnet. Entsprechend den Bewegungsvorgängen in der Atmosphäre schwankt der L. unperiodisch und weist außerdem tägliche und jährliche periodische Schwankungen auf. Ein Gebiet geringen Luftdrucks heißt → Tiefdruckgebiet (barometrisches Tief oder Depression), ein Gebiet hohen Luftdrucks heißt → Hochdruckgebiet (barometrisches Hoch). Über Luftdruckgefälle → Gradient.

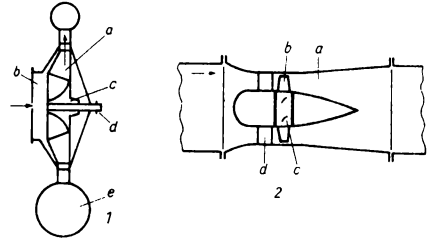
Luftdruckwaffen, für Sportzwecke bestimmte Handfeuerwaffen, bei denen das Geschöß durch komprimierte Luft aus dem Lauf getrieben wird. Die Komprimierung erfolgt mittels eines Luftkolbens, der gespannt werden muß. Heute werden häufig CO_2 -Patronen verwendet. Zur Schußabgabe wird lediglich das Ventil geöffnet. Das übliche Kaliber ist 4 bis 5 mm. Als Munition werden Rundkugeln, Diabolos oder Haarbolzen verwendet; die Visierung erfolgt über Kimm und Korn, oft werden auch Mikrometervisiere, Diopter mit Lochscheibe oder Zielfernrohre verwendet.

Luftelektrizität, die in den unteren Schichten der Atmosphäre und den obersten Schichten des Erdbodens sich abspielenden elektrischen Erscheinungen und Vorgänge. In der Regel ist die Luft positiv gegen die Erde, diese also negativ elektrisch aufgeladen. Zwischen jedem Punkt der Atmosphäre und dem Erdboden besteht eine elektrische Spannung, das **luftelektrische Potentialgefälle**, das am Erdboden rund 100 bis 130 Volt/Meter beträgt; mit steigendem Abstand vom Erdboden nimmt dieser Wert sehr rasch ab. In diesem Feld entsteht durch die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre ein dauernder Strom mit einer Stromdichte von etwa $3 \cdot 10^{-16} \text{ A/cm}^2$. Dieses normale **luftelektrische Feld** herrscht bei schönem, wolkenlosem Wetter. Es wird gestört, sobald Wolken und Niederschläge auf-

treten, besonders bei Gewittern. Zu den luftelektrischen Erscheinungen gehören → Blitz und → Elmsfeuer.

Lit. Israel: Atmosphärische Elektrizität, 2 Tle (Leipzig, TI I 1957, TI II 1961); von Kilinski: Lehrb. der L. (Leipzig 1958).

Lüfter, Ventilator, Exhaustor, eine Arbeitsmaschine zum Fördern oder Verdichten von Luft und anderen Gasen mit niederem Druckverhältnis (Enddruck: Anfangsdruck unter 1,1, im Gegensatz zu höheren Drücken bei → Gebläse und → Verdichter). Man unterscheidet Radial- und Axiallüfter.



1 Radiallüfter (Längsschnitt). a Laufräder, b Gehäuse, c Saugöffnung, d Diffusor, e Laufräder. 2 Axiallüfter (Längsschnitt). a Laufräder, b Gehäuse, c Saugöffnung, d Diffusor, e Laufräder.

Radiallüfter saugen die Luft axial an und fördern sie radial; **Axiallüfter** saugen und fördern die Luft axial. Die Wirkung wird durch beschauelte Laufräder erzielt, die in Gehäusen aus Blech rotieren. Die Räder haben je nach Druckforderung rückwärts oder vorwärts gekrümmte oder gerade endende Schaufeln. Das Luftvolumen der L. beträgt bis zu $500000 \text{ m}^3/\text{h}$, der Förderdruck bei Niederdrucklüftern bis 0,01 bar (10 mbar), bei Mitteldrucklüftern 0,01 bis 0,03 bar, bei Hochdrucklüftern 0,05 bis 0,1 bar.

L. werden je nach Druck- und Volumenleistung z. B. in Be- und Entlüftungsanlagen (z. B. für Arbeits- und Versammlungsräume, Tunnel, Schiffe), zur Grubenbewetterung, in Klimaanlage und Windkanälen sowie als Unterwind- und Saugzuglüfter bei Feuerungsanlagen eingesetzt.

Lit. Back: Ventilatoren (Halle 1955); Eck: Ventilatoren (Berlin 1961); → Lüftung.

Lüfterhitzer, ein Gerät für die Raumheizung, das auch in Lüftungs- und Klimaanlage verwendet wird. Üblich sind → Wärmeaustauscher mit Rippenrohren, durch die Warmwasser, Heißwasser (Temperatur über 100°C) oder Dampf strömen und dabei die die Rohre umspülende Luft erwärmen. Bei **Gaslüfterhitzern** strömen heiße Abgase durch Rippenrohre ins Freie und geben dabei ihre Wärme an die an den Rohren vorbeigeführte Luft ab. **Elektrolüfterhitzer** haben an Stelle der Rippenrohre Widerstandsdrähte oder Heizstäbe.

Luftfahrt, die Durchquerung des Luftraumes mit → Luftfahrzeugen. In Höhen über 50 km ist die Verwendung von Luftfahrzeugen wegen der geringen Luftdichte nicht mehr möglich; die Durchquerung des Raumes in diesen Höhen ist Gegenstand der → Raumfahrt.

Die L. unterteilt sich in **zivile L.** und **Militärluftfahrt**. Hauptzweig der zivilen L. ist die **kommerzielle L.**, bestehend aus dem Luftverkehr und dem Wirtschaftsflug. Der **Luftverkehr** umfaßt die gewerbliche Ortsveränderung von Personen und Gütern, der → **Wirtschaftsflug** den Einsatz von Luftfahrzeugen in der Volkswirtschaft. Darüber hinaus gehören zur zivilen L. noch der Flugsport und (in kapitalistischen Ländern) der private, nicht kommerzielle Luftverkehr.

Lit. Meyer: L. (Leipzig 1959).

Luftfahrzeuge (Tafeln 10 und 11), nach internationalem Luftrecht alle Fluggeräte mit mehr als 5 kg Masse (im Unterschied zu den leichteren → Flugmodellen). Nach Art und Erzeugung des Auftriebs unterscheidet man zwei Gruppen von L.n. 1) Zu den durch statischen Auftrieb (Archimedisches Prinzip) in der *Luft schwebenden L.n* (auch als L. leichter als Luft bezeichnet) gehören → Ballons und → Luftschiffe; da diese eine Gasfüllung aufweisen, spricht man auch von gasgetragenen L.n. Auch Sprung- und Lastenfallschirme sind L. 2) Durch bewegungsgebundenen dynamischen Auftrieb in der *Luft fliegende L.* (auch als L. schwerer als Luft bezeichnet) werden unterteilt in a) **flächengetragene L.**, d. s. solche, die Tragflächen (Tragflügel) aufweisen, z. B. → Flugzeuge, Drachen und Tragschrauber (→ Rotorflugzeuge), und b) **strahlgetragene L.**, z. B. Hubschrauber (→ Rotorflugzeuge), → Hubstrahler und (bedingt) → Raketen und unbemannte Flugkörper. L., die die Vorzüge flächen- und strahlgetragener L. z. T. in sich vereinen, sind Flugschrauber (→ Rotorflugzeuge), → Konvertpilane und → Ringflügelflugzeuge.

Der Antrieb von Luftfahrzeugen erfolgt durch Flugtriebwerke, die mit chemischer Energie arbeiten. Die Anwendung von Kernenergie zum Antrieb von L.n wird z. Z. untersucht, ihre praktischen Einsatzmöglichkeiten sind aber noch nicht abzusehen, da der Wärmetransport vom Kernreaktor zum Triebwerk problematisch und die Abschirmung der radioaktiven Strahlung mit einem großen Masseaufwand verbunden ist, der bei der Konstruktion entsprechender L. zu großen Schwierigkeiten führt.

Luftfahrzeugführungsgeräte, Geräte in Luftfahrzeugen, die der Besatzung Informationen über flugmechanische oder navigatorische Größen oder über den Zustand des Luftfahrzeuges liefern. Man unterscheidet Flugüberwachungs- und Luftfahrzeugüberwachungsgeräte. 1) **Flugüberwachungsgeräte**. a) **Flugzustandsüberwachungsgeräte** orientieren die Besatzung über Lage und Bewegung des Luftfahrzeuges im Raum. Hierzu gehören unter anderem → Höhenmesser, → Fahrtmesser, → Machmeter, → Variometer, Beschleunigungsmesser, → Neigungsmesser (→ künstlicher Horizont) und → Wendezeiger. b) **Navigationsgeräte** dienen zur Bestimmung des Kurses und des Standortes. Hierzu gehören → Kurskreisel, → Kompass, Borduhren, Geräte zur → Funknavigation, zur astronomischen → Navigation und zur → Trägheitsnavigation, Navigationsautomaten und Geräte für → Schlechtwetterlandung (→ Anflug- und Landesystem). Auch die zu den Flugzustandsüberwachungsgeräten gehörenden Fahrt- und Höhenmesser werden zur Navigation benötigt. c) **Flugregelungsgeräte** erleichtern die Luftfahrzeugführung und entlasten die Besatzung. Die Entwicklung führte von der einfachen Kurssteuerung (Regelung um die Hochachse) zur Dreiaachsensteuerung (→ automatischer Pilot); eine Automatisierung des schwierigen Landevorganges wird angestrebt und ist in Einzelfällen bereits verwirklicht.

2) **Luftfahrzeugüberwachungsgeräte** dienen zur Kontrolle des Flug- und Triebwerkes. a) **Flugwerk- und Ausrüstungsüberwachungsgeräte** umfassen vor allem Stellungenanzeiger für Fahrwerk, Lande-, Trimm- und Kühlerklappen sowie Überwachungsgeräte für die verschiedenen Anlagen (Hydraulik-, Pneumatik-, Elektro-, Enteisungs-, Klima- und Druckhalteanlage u. a.). Bei den Stellungenanzeigern werden wichtige Stellungen häufig durch farbige Lampen oder andere markante Sichtzeichen kenntlich gemacht. b) Zu den **Triebwerküberwachungsgeräten** gehören Drehzahlmesser, Drehmomentenmesser (bei Gasturbinentriebwerken), Temperaturmesser für Schmierstoff, Zylinderköpfe (bei Kolben-

trieben), Turbinenein- und -austritt (bei Gasturbinentriebwerken) u. a., Druckmesser für Kraft- und Schmierstoff, Ladedruck (bei Kolben-triebenwerken) u. a., Vorrats- und Verbrauchsmesser für Kraft- und Schmierstoffe, Luftschraubensteigungsanzeiger u. a.

Viele L. besitzen eine Fernanzeige, d. h., Geber (Ort, an dem die zu messende Größe auftritt) und Anzeigegerät befinden sich an verschiedenen Orten des Luftfahrzeuges und sind durch eine Fernübertragung miteinander verbunden. Außer anzeigenden Geräten werden auch registrierende Geräte (Flugdatenschreiber) benutzt, die wichtige Größen, z. B. Fluggeschwindigkeit, Flughöhe und Kurs, in Abhängigkeit von der Zeit aufschreiben, damit man sie nach dem Flug auswerten kann. Solche Geräte haben große Bedeutung zur Klärung von Unfällen. Ferner werden manche Luftfahrzeuge mit Kollisionswarngeräten ausgerüstet, die nach dem Funkmeßprinzip arbeiten.

Um eine Überlastung der Besatzung durch eine zu große Anzahl von Geräten zu verhindern, kombiniert man Einzelgeräte und automatisiert die Luftfahrzeugführung immer mehr (Luftfahrzeugführungsanlagen).

Lit. Duda: Flugzeuggeräte, 3 Bde (Berlin, Bd 1 1959, Bd 2 1961, Bd 3 1960).

Lufthammer, ein → Maschinenhammer.

Lufthaus, zusammenfassende Bezeichnung für Traglufthallen und Schlauchstützkonstruktionen, → Traglufthallen.

Luftkissenfahrzeug, svw. → Bodeneffektgerät.

Luftpumpe, 1) eine → Vakuumpumpe. 2) die Reifenpumpe, ein einfacher → Verdichter zum Füllen von Luftreifen mit Luft.

Luftsauerstoffelemente, → galvanische Elemente.

Luftschiff, ein Luftfahrzeug, das mit einem Gas leichter als Luft gefüllt ist, sich aber im Gegensatz zum Ballon mit eigener Kraft durch Motoren vorwärts bewegt und mittels eines Seitenleitwerks unbeschränkt und mittels eines Höhenleitwerks bedingt steuerbar ist. Zieht man vom Gewicht der verdrängten Luft das Gewicht des Füllgases ab, so erhält man die Hubkraft, d. h. die Tragfähigkeit des L.s. Sie ist um so größer, je größer das Volumen des L.s und je leichter das Füllgas ist. Die Differenz zwischen Hubkraft und Leergewicht des L.s (bei großen L.n 50 bis 65 % der Hubkraft) ist der Nutzauftrieb, d. h. der durch Dienstlast (Besatzung, Treibstoff, Ballast, Proviant u. a.) und Nutzlast (Fluggäste, Fracht, Post) ausnutzbare Auftrieb. Außer der statischen Hubkraft durch das Füllgas läßt sich beim L. im Fahrzustand, der eine Anströmkomponente entgegen der Fahrrichtung liefert, durch das Höhenruder eine veränderliche dynamische Hubkraft bzw. Tauchkraft erzeugen.

Beim **unstarrten L.** oder **Prallluftschiff** wird die äußere Gestalt durch den inneren Überdruck des Füllgases erreicht. Das Prallluftschiff hat daher außer der Gondel und dem Leitwerk keinerlei feste Teile. Der Überdruck wird durch Luftkammern (Ballonette) erzeugt, die durch Ventilatoren unter Druck gehalten werden und auf den Gasraum wirken. Das **Starrluftschiff** erhält seine tropfen- bis spindelförmige Gestalt durch ein starrtes, mit Stoff überzogenes Innengerüst aus Leichtmetall, in dem sich die Gasbehälter befinden. Seine Eigenmasse ist dadurch zwar größer als die des Prallluftschiffs, es ist jedoch manövrierfähiger als dieses. Der typische Vertreter des Starrluftschiffes ist das von Zeppelin entwickelte L. (**Zeppelinluftschiff**, auch kurz **Zeppelin** genannt). Das 1936 fertiggestellte letzte Zeppelin-Luftschiff (LZ 129) hatte 50 Mann Besatzung und konnte 40 Fluggäste befördern. Fahrgast- und Betriebsräume befanden sich im Luftschiffkörper. Das L. war zunächst mit (brennbarem)

Wasserstoff, später mit (unbrennbarem) Helium gefüllt. Die Länge betrug 245 m, der größte Durchmesser 41 m, der Gasinhalt der Gaszellen 200 000 m³. Der Antrieb erfolgte durch vier in Gondeln unter dem Rumpf angeordnete Dieselmotoren zu je 1100 PS, die dem L. eine Reisegeschwindigkeit von 125 km/h verliehen.

Nachdem L.e in den letzten Jahrzehnten nur vereinzelt (z. B. für Reklamezwecke) eingesetzt wurden, zeichnen sich neuerdings vielfältige Verwendungsmöglichkeiten ab. So werden in verschiedenen Ländern L.e für den Lastentransport (z. B. Transport von eingeschlagenem Holz, Bohranlagen, Hochspannungsmasten u. a.) in unwegsamem Gelände, für den Passagiertransport, für Luftaufnahmen, zur Waldbrandbeobachtung sowie für militärische Zwecke (z. B. zur U-Boot-Beobachtung) projektiert oder befinden sich schon im Einsatz.

Luftschleuse, 1) eine bei der Druckluftgründung (→ Gründung) benutzte Stahlkammer mit Türen zum Ein- und Ausschleusen von Personen, Baustoffen und Aushubmassen. Beim Einschleusen wird der Luftdruck in der L. allmählich bis auf den im Senkkasten (Caisson) herrschenden Luftdruck erhöht und beim Ausschleusen langsam auf Außendruck erniedrigt, um Ausgleich zwischen äußerem und innerem Druck herbeizuführen. Bei zu raschem Wechsel der Druckverhältnisse besteht die Gefahr der Luftdruckerkrankung (Druckluftkrankheit, Caisson-Krankheit). Daran erkrankte Personen werden in der **Krankenschleuse** behandelt.

2) eine Einrichtung in oder an Raumfahrzeugen, durch die das Innere des Raumfahrzeuges verlassen oder aufgesucht werden kann, ohne dessen Kabinenatmosphäre in den freien Weltraum entweichen zu lassen.

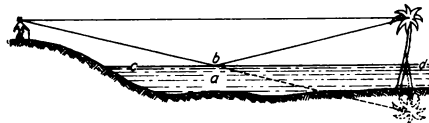
Luftschrabe, → Propeller.

Luftseilbahn, svw. → Seilschwebbahn.

Luftpalt, der Raum zwischen Ständer und Läufer einer → elektrischen Maschine.

Luftspeichermotor, ein → Dieselmotor.

Luftspiegelung, eine atmosphärische Erscheinung, die durch unregelmäßige Brechung und Totalreflexion der Lichtstrahlen an verschieden warmen Luftschichten hervorgerufen wird. Häufig ist die L. nach unten; sie tritt dann ein, wenn die untersten Luftschichten durch starke Sonneneinstrahlung wärmer und damit dünner sind als die darüberliegenden. Sie täuscht in Wüsten



Luftspiegelung. a dünnere Luftschicht, b dickere Luftschicht, c, d Grenzschicht zwischen beiden

Wasserflächen vor (Wüstengesicht) und rückt entlegene Gegenstände (Landschaften, Städte) in die Nähe. Tritt zusätzlich noch eine L. etwa an Felswänden nach der Seite ein, so wird die Erscheinung **Fata morgana** genannt. L. nach oben tritt ein, wenn die Luftdichte nach oben an Temperaturinversionen stark abnimmt; der Beobachter sieht gehobene Spiegelbilder der Gegenstände.

Luftstrahltriebwerk, ein → Flugtriebwerk, in dem eintretende Luft durch Verbrennungswärme beschleunigt wird und als Gasstrahl entgegengesetzt zur Flugrichtung austritt. Die dabei entstehende Reaktionskraft stellt den Schub, d. h. die Vortriebskraft des L.s dar (→ Strahltriebwerk). Den zur Verbrennung des Brennstoffs (Flugpetroleum oder Mittelbenzine mit niedriger

Oktanzahl) erforderlichen Sauerstoff entnimmt das L. im Gegensatz zur Rakete der Umgebungsluft. Das L. besteht entweder aus einer → Gasturbinenanlage, oder es ist ein Strahlrohr (→ Flugtriebwerke).

1) Beim Gasturbinenriebwerk, oft Turboantrieb genannt, unterscheidet man zwischen Strahltrieb- und Zweitstromtrieb. Bei beiden Triebwerksarten sind die Bauelemente, der Verdichter mit einem Einlaufkanal für die Luft, die Brennkammer (bestehend aus Brenn- und Mischraum) und die Turbine, hintereinandergeschaltet. An die Turbine schließt sich eine Schubdüse an, in der die Geschwindigkeit des aus der Turbine strömenden Gases erhöht wird. a) Bei der Strahltrieb- (Abb. 1a), oft Turbinen-L. genannt, abg. TL, dem verbreitetsten L., werden alle Bauelemente von der gesamten Luft durchströmt, d. h. sie hat nur einen Strom (Einstromtriebwerk). Der Verdichter ist meist ein Axialverdichter mit 8 bis 18 Stufen. Durch Anwendung von Übershallstufen in Axialverdichtern läßt sich die Drucksteigerung der Luft in einer einzelnen Stufe im Vergleich zu einer gewöhnlichen Stufe wesentlich erhöhen. Dadurch können bei gleichem Druckverhältnis (→ Gasturbinenanlage) die Stufenzahl und damit die Länge sowie Masse des Verdichters erheblich verringert werden. Strahltrieb- mit besonders hohem Druckverhältnis (10 und mehr) haben oft einen Niederdruck- und einen Hochdruckverdichter, die beide hintereinander geschaltet sind. Kleine Triebwerke enthalten mitunter einen ein- oder zweistufigen Radialverdichter. Die Turbine hat 1, 2 oder mehr Stufen. Verdichter und Turbine laufen mit etwa 7000 bis 40 000 U/min. Hat das Triebwerk zwei Verdichter, so werden diese getrennt durch eine Nieder- und eine Hochdruckturbine angetrieben, die mit unterschiedlichen Drehzahlen laufen. Viele Strahltrieb- haben Schubdüsen mit unveränderlichem Austrittsquerschnitt. Bei anderen Schubdüsen kann der Austrittsquerschnitt mittels zweier augenlidartig beweglicher Klappen oder — in älteren Triebwerken — durch axiales Verschieben eines Kegels verändert werden. Der spezifische Brennstoffverbrauch von Strahltrieb- liegt bei Standbetrieb und INA-Verhältnissen (→ INA) in Höhe des Meeresspiegels zwischen 0,76 und 0,85 kg/kp · h. Die stärksten gegenwärtig gebauten Strahltrieb- haben einen Schub von 16 000 kp.

b) Die Zweitstromtrieb- oder das Zweitstrom-Turbinen-L. (Abb. 1b), abg. ZTL, hat zwei Ströme. Ein Teil der eintretenden Luft durchströmt das gesamte Triebwerk wie bei der Strahltrieb- (Innenstrom), während der andere Teil, nur durch zwei oder drei Stufen des Verdichters verdichtet, durch einen das übrige Triebwerk ringförmig umgebenden Kanal direkt in eine ringförmige Schubdüse geleitet wird (Außenstrom). Hier entspannt sich diese Luft, und der mit hoher Geschwindigkeit austretende Luftstrahl liefert einen zusätzlichen Schub. Zweitstromtrieb- haben meist zwei Rotoren, und zwar einen aus Niederdruckverdichter und Niederdruckturbine bestehenden und einen aus Hochdruckverdichter und Hochdruckturbine bestehenden Rotor. Zweitstromtrieb- werden zur Zeit mit einem Schub bis zu 22 000 kp gebaut. Sie zeichnen sich gegenüber den für die gleichen Parameter ausgelegten Strahltrieb- durch höhere Wirtschaftlichkeit beim Standbetrieb (spezifischer Brennstoffverbrauch in Höhe des Meeresspiegels bei INA-Verhältnissen 0,50 bis 0,7 kg/kp · h) und bei Fluggeschwindigkeiten bis zur Schallgrenze aus. Außerdem ist ihre Geräuschentwicklung geringer. Aus dem letztgenannten Grund werden sie für Verkehrsflugzeuge bevorzugt, die dicht besiedelte Gebiete überfliegen.

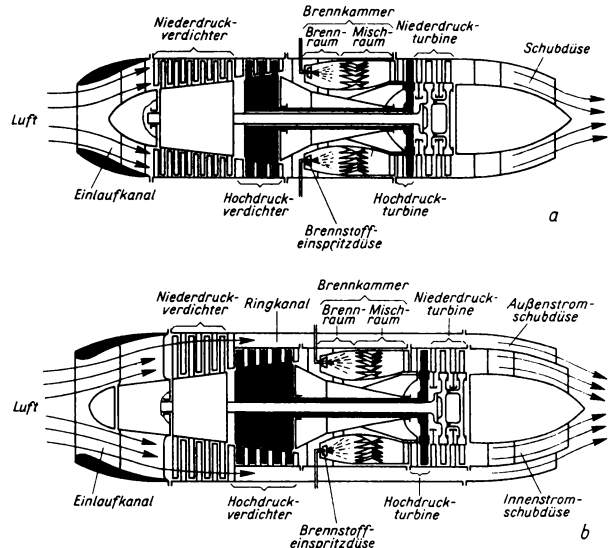
Vielfach, besonders beim Start zum Verkürzen der Startstrecke, muß der Schub von L. en kurzzeitig erhöht werden. Eine solche *Schubverstärkung* wird erreicht durch Einspritzen von Wasser in den Luftstrom vor dem Verdichter oder vor der Brennkammer (zur Erhöhung der Gasaustrittsgeschwindigkeit und zur Vergrößerung des Massendurchsatzes) oder aber durch Nachverbrennung (zur Erhöhung der Gasaustrittsgeschwindigkeit). Hierbei wird hinter der Turbine in den Gasstrom, der reich an Sauerstoff ist, nochmals Brennstoff eingespritzt und in einer zweiten Brennkammer (Nachbrennkammer) verbrannt. Manchmal werden auch Wassereinspritzung und Nachverbrennung kombiniert. Diese Arten der kurzzeitigen Schubverstärkung finden vor allem bei Strahltriebwerken, mitunter auch bei Zweistromtriebwerken (Nachverbrennung im Außenstrom) Anwendung. Eine weitere, aber vom L. unabhängige Möglichkeit der Schubverstärkung bieten Startraketen (→ Starthilfe). In der Schubdüse werden oft verstellbare Umlenkbleche und Öffnungen angebracht, die nach Bedarf den Gasstrahl seitlich und schräg nach vorn umlenken (*Schubumkehr*), so daß er bremsend wirkt und zur Verringerung der Landestrecke beiträgt.

Das zu den Gasturbinentriebwerken gehörende Propeller-Turbinen-Luftstrahltriebwerk, meist kurz als → Propellerturbine bezeichnet, ist kein reines L., sondern ein Luftschraubentriebwerk, d. h., der Vortrieb des damit ausgerüsteten Luftfahrzeuges wird im wesentlichen durch eine Luftschraube und nur in geringem Maße durch die Reaktionskraft des Gasstrahles erzielt.

2) Das *Strahlrohr* hat im Gegensatz zum Gasturbinentriebwerk keine beweglichen Teile. Man unterscheidet zwischen *Staustrahlrohr* und *Pulsostrahlrohr*. a) Beim *Staustrahlrohr*, oft *Lorin-Rohr* genannt (Abb. 2a), dem einfachsten Flugtriebwerk überhaupt, wird die während des Fluges eintretende Luft zum einen Teil vor und zum anderen Teil in einem Einlaufkanal (Einlaufdiffusor mit Zentralkörper) stark verzögert, wodurch ihr Druck steigt. Sie strömt dann in die Brennkammer, in die kontinuierlich Brennstoff eingespritzt wird, der sich mit der verdichteten Luft vermischt und verbrannt wird. Das Rauchgas, das am Brennkammeraustritt eine Temperatur von etwa 1800 °C hat, dehnt sich in der anschließenden Schubdüse (Lavaldüse) aus und ergibt einen mit hoher Geschwindigkeit austretenden Gasstrahl, der den Schub liefert. Beim Stillstand entsteht kein Schub, so daß mit Staustrahlrohren ausgerüstete Luftfahrzeuge (einzelne Jagdflugzeugtypen) und Flugkörper (vor allem Fernlenk Waffen) für den Start andere Triebwerke (meist Strahltriebwerke oder Raketentriebwerke) haben müssen. Staustrahlrohre werden auch zum Antrieb des Rotors von Hubschraubern verwendet. Wirtschaftlich sind Staustrahlrohre nur bei großer Fluggeschwindigkeit, besonders bei Überschallgeschwindigkeit; ihr Wirkungsgrad steigt mit der Fluggeschwindigkeit an. Der von der Fluggeschwindigkeit und Höhe abhängige spezifische Brennstoffverbrauch des Staustrahlrohres beträgt z. B. in 11 km Höhe bei INA-Verhältnissen bei dreifacher Schallgeschwindigkeit etwa 2 kg/kp · h.

b) Das *Pulsostrahlrohr* oder *Verpuffungsstrahlrohr* (z. B. das *Schmidt-Argus-Rohr*, Abb. 2b) unterscheidet sich vom Staustrahlrohr äußerlich dadurch, daß es statt der Schubdüse ein Auspuffrohr aufweist. Das Einlaufgehäuse ist vom Brennraum durch einen Rost mit Ventilen getrennt, die wie Mundharmonikaventile die Luft nur in einer Richtung, hier entgegengesetzt zur Flugrichtung, hindurchlassen. Das Pulsostrahlrohr arbeitet intermittierend. Nach der ersten Zündung des kontinuierlich eingespritzten

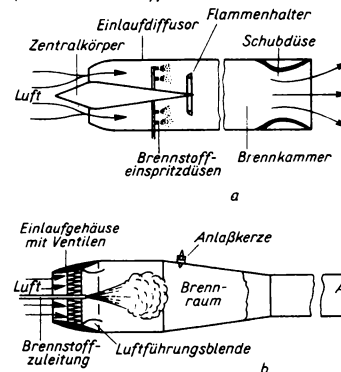
Brennstoffes durch eine Anlaßkerze schließen sich infolge der Drucksteigerung die Ventile, so daß das Rauchgas nur aus dem offenen Auspuffrohr stoßartig entweicht, wobei es auf Grund seiner großen Geschwindigkeit einen Schub liefert. Nach dem Ausstoßen des Rauchgases entsteht in dem Brennraum ein Unterdruck; dadurch öffnen sich die Ventile wieder, und es strömt erneut frische Luft in den Brennraum. Sie vermischt sich mit dem versprühten Brennstoff, und das brennfähige Gemisch zündet selbsttätig. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrere Male in der Sekunde. Das Pulsostrahlrohr kann im Stand betrieben werden. Es ist jedoch im Vergleich mit



1 Gasturbinentriebwerke: a Strahltriebwerk (Turbinen-Luftstrahltriebwerk) in Zweirotorbauweise; b Zweistrom-Turbinen-Luftstrahltriebwerk in Zweirotorbauweise

anderen Flugtriebwerken unwirtschaftlich, da sein spezifischer Brennstoffverbrauch bei mäßigen Fluggeschwindigkeiten und Flughöhen bereits bei 2,5 bis 3,0 kg/kp · h liegt. Außerdem entwickelt das Pulsostrahlrohr ein sehr starkes Geräusch, und seine Ventile haben nur eine kurze Lebensdauer. Daher verwendet man es gegenwärtig nur für einige Segelflugzeuge und unbemannte Flugkörper, mit kleinen Abmessungen sowie für Flug- und Schiffsmodelle.

Lit. Inosemzew: Wärmekraftmaschinen, Bd III (dtsch Berlin 1953); → Strahltriebwerk.



2 Strahlrohre: a Staustrahlrohr (Lorin-Rohr); b Pulsostrahlrohr (Schmidt-Argus-Rohr)

Luftstraße, → Flugsicherung.

Lüftung, die Zuführung frischer Luft in geschlossene Räume und die Beseitigung der verbrauchten Luft. Man unterscheidet zwischen natürlicher und künstlicher L.

1) Die **natürliche L. (freie L.)** in ihrer einfachsten Form ist die **Fensterlüftung**, bei der Frischluft durch offene Fenster in Räume einströmt, wenn zwischen Innen- und Außenluft ein Druckunterschied besteht. Die **Auftriebslüftung (Schwerkraftlüftung)** beruht darauf, daß erwärmte Luft leichter ist als kalte und daher das Bestreben hat, aufzusteigen. Bringt man an der Decke des Raumes einen Abluftschacht an, so drückt in den Raum eintretende Kaltluft die verbrauchte wärmere, leichtere Luft durch den Schacht hinaus. Je höher der Temperaturunterschied zwischen warmer und kalter Luft ist, desto größer ist auch die Geschwindigkeit der Luft. Auf den Schächten können zur Unterstützung der Luftbewegung Lüfterköpfe angebracht werden.

2) Die **künstliche L. (Zwangslüftung)** arbeitet mit → Lüftern (Ventilatoren). Bei der **Drucklüftung (Belüftung)** saugt der Lüfter frische Luft von außen an und drückt durch den im Raum entstehenden Überdruck die Abluft durch besondere Öffnungen in den Wänden, durch Schächte u. dgl. ins Freie. Bei der **Sauglüftung (Entlüftung)** saugt der Lüfter die verbrauchte Luft aus dem Raum ab; die Frischluft strömt durch Wandöffnungen, Schächte u. dgl. nach. Bei der **Verbundlüftung** wird der Raum künstlich sowohl be- als auch entlüftet. Zur Vermeidung von Zugluft können auf die Zuluftöffnungen → Anemostaten aufgesetzt sein. Die Zwangslüftung kann mit einer → Luftbehandlung verbunden sein. In der → Klimaanlage sind verschiedene Luftbehandlungsanlagen kombiniert. Neuerdings führt man die L. auch in der Weise durch, daß Frischluft unter Druck in den Zwischenraum zwischen der Raumdecke und einer mit kleinen Öffnungen versehenen zweiten Decke eingeblasen wird und dann durch die Öffnungen in den Raum strömt. Bei der **Strahl Lüftung** wird die Luft durch Düsen in den Raum geblasen.

Lit. Baturin: Lüftungsanlagen für Industriebauten (Berlin 1959); Garms: Handb. der Heizungs- und Lüftungstechnik (Bd 1 7. Aufl. Berlin 1965, Bd. 2 4. Aufl. Leipzig 1958); Recknagel u. Sprenger: Taschenb. für Heizung, L. und Klimatechnik (München u. Wien 1968); Tscheschner: Luft-Technik TI 1 (Halle 1958); Wohlfahrt: Grundzüge der Heiz- und Lüftungstechnik (Halle 1953); Ztschr. Luft- und Kältetechnik (Berlin).

Luftverflüssigung, → Gasverflüssigung.

Luftverunreinigung, Sammelbegriff für alle ursprünglich nicht in der Atmosphäre enthaltenen Beimengungen von lästigen und dem menschlichen, tierischen und pflanzlichen Organismus schädlichen Feststoffen, Gasen und Dämpfen. Die höchstzulässige L. am Arbeitsplatz wird durch die arbeitshygienischen Normative bzw. die **MAK-Werte** (MAK, Abk. für maximale Arbeitsplatzkonzentration an Feststoffen, Gasen und Dämpfen) festgelegt, und zwar für Gase, Dämpfe und giftige Stäube je nach Toxizität in mg/m³, für nichttoxische Stäube je nach ihrem Gehalt an freier kristalliner Kieselsäure in Teilchen je cm³ (T/cm³). Durch Abkapseln der Staub- und Gasquellen, Absaugen und Filtern oder mechanisches oder chemisches Waschen der abgesaugten Luft wird einer unzulässigen Luftverunreinigung vorgebeugt.

Wegen der lästigen und schädlichen Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze sucht man in neuerer Zeit durch Gesetzgebung die Verunreinigung der Atmosphäre in zulässigen Grenzen zu halten. Die höchstzulässige L. wird durch die **MIK-Werte** (MIK, Abk. für maximale Immissionskonzentration) gekennzeichnet, z. B. in der UdSSR für Schwefeldioxid SO₂ und nichttoxische Feststoffe mit 0,25 mg/m³ im Durch-

schnitt über 24 Stunden und 0,5 mg/m³ als einmalige maximale Konzentration. Es ist Aufgabe der staatlichen Organe, durch Standortplanung und Festlegung des jeweiligen höchstzulässigen Gehaltes der Industrieabgase an den Verunreinigungen, d. h. durch die **MEK-Werte** (MEK, Abk. für maximale Emissionskonzentration), die Verunreinigung der Atmosphäre so niedrig wie möglich zu halten.

Die Abgase der Industrie werden durch verschiedene Arten von Filtern von den Schwebstoffen gereinigt. Für die Schwefeldioxid- (SO₂-) Reinigung der Feuerungsabgase gibt es z. Z. noch kein Verfahren, das einwandfrei und wirtschaftlich arbeitet. Daher sucht man einer regional zu starken Anreicherung der Atmosphäre mit SO₂ vorzubeugen, indem man die Schornsteine entsprechend hoch baut und so dafür sorgt, daß die Abgase hinreichend mit Luft verdünnt werden, bevor sie auf die Erdoberfläche einfallen. Erfolgversprechend für das Zurückhalten von SO₂ sind sowohl Adsorptions- als auch Absorptionsverfahren; bei beiden fällt Schwefelsäure H₂SO₄ als Nebenprodukt an. Die z. Z. in den Industrieballungsgebieten festgestellten L. en vor allem mit SO₂ sind weit höher, als es die MIK-Werte zulassen. Die Folge sind merkliche Ertragsminderungen der Kulturpflanzen und großflächige Waldschäden. Die in diesen Gebieten ansässigen Menschen sind, wie statistisch in einigen Ländern nachgewiesen wurde, gegenüber Krankheiten anfälliger.

Lit. Jung: L. und industrielle Entstaubung (Berlin 1965).

Luftvorwärmer, abg. Luvo, ein Bestandteil des Dampfkessels zur Vorwärmung der Verbrennungsluft durch die Abgase. Die Abgase werden dadurch weiter abgekühlt und erhöhen so den Wirkungsgrad der Dampfkesselanlage. Der L. besteht entweder aus gerippten Rohren, die außen von Abgasen umspült und innen von Vorwärmflut durchströmt werden, oder aus entsprechend zusammengeschweißten Platten (Taschen), wobei die Wärme rekuperativ (durch die Wand) übertragen wird. Eine andere Möglichkeit bietet der regenerative Wärmeaustausch, wobei eine Speichermasse wechselweise durch die Abgase aufgeheizt und dann die Vorwärmflut wieder abgekühlt wird (z. B. Ljungström-Luftvorwärmer, Winderhitzer beim Hochofenbetrieb u. a.).

Luftwäscher, ein Naßluftfilter. Häufig werden fälschlich Befeuchtungs- und Entfeuchtungseinrichtungen für Luft in Klimaanlage als L. bezeichnet.

Luftwiderstand, die entgegen der Bewegungsrichtung wirkende Kraft auf einen sich in Luft bewegenden Körper (z. B. Kraftwagen, Flugzeug). Der L. nimmt annähernd mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu. Um den L. an Kraftwagen und Flugzeugen gering zu halten, bildet man ihre äußeren Formen möglichst strömungsgünstig (windschlüpfig) aus und vermeidet Oberflächenrauheiten. Bei einer → Stromlinienform besteht der L. zum größten Teil aus Reibungswiderstand. Nähert sich die Geschwindigkeit der Schallgeschwindigkeit, so steigt der Anteil des Druckwiderstandes erheblich an. Weiteres → Flugmechanik, → Aerodynamik.

Luftwirbel, wirbel- oder spiralförmige Luftbewegungen. Besonders starke L. sind die → Trombe (Wirbelwind) und der → Wirbelsturm, großräumige drehende Luftbewegungen die Zyklone (→ Tiefdruckgebiet) und die Antizyklone (→ Hochdruckgebiet).

Luftzerlegung (Tafel 23), die mit Hilfe der Tieftemperaturtechnik durchgeführte Zerlegung von Luft zur Gewinnung ihrer Bestandteile Sauerstoff und Stickstoff sowie der Edelgase Argon, Neon, Helium, Xenon und Krypton. Die Luft wird hierzu gereinigt, abgekühlt und dadurch ver-

flüssig; anschließend werden die einzelnen Bestandteile durch Destillation gewonnen. Die Verflüssigung geschieht meist nach dem Linde- oder Linde-Fränkl-Verfahren (\rightarrow Gasverflüssigung). Zur Destillation wendet man den Zweisäulenapparat an, der die Luft in zwei Druckstufen in Sauerstoff und Stickstoff trennt. Ähnlich können auch andere Gasgemische zerlegt werden.

Lumen, Kurzz. **lm**, die gesetzliche Einheit des Lichtstroms. Das **L** ist der Lichtstrom, den eine Lichtquelle der Lichtstärke 1 Candela (Kurzz. **cd**) gleichmäßig in den Raumwinkel 1 Steradian (Kurzz. **sr**) aussendet. $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$.

Lumen/Quadratmeter, \rightarrow Lux.

Lumensekunde, Kurzz. **lm s**, Einheit der Lichtmenge. $1 \text{ lm s} = 1 \text{ cd sr s}$ (Candela · Steradian · Sekunde).

Lumenstunde, Kurzz. **lm h**, Einheit der Lichtmenge. $1 \text{ lm h} = 1 \text{ cd sr h}$ (Candela · Steradian · Stunde).

Lumen/Watt, Kurzz. **lm/W**, Einheit der Lichtausbeute. Sie ist der Quotient aus abgestrahltem Lichtstrom und der zu seiner Erzeugung aufgewendeten Leistung.

Lumineszenz, Bezeichnung für die Emission elektromagnetischer Strahlung, die manche Stoffe zeigen, wenn sie durch Einstrahlung höherfrequenter, also energiereicher Strahlung (Stokesche Regel) angeregt werden, und zwar im Gegensatz zur Temperaturstrahlung unterhalb der Glühtemperatur. Diese Stoffe, die **Lumino-phore**, führen die erregende Energie nicht ihrer inneren Energie zu, sondern strahlen sie als kaltes Leuchten ohne Umweg über die Wärmeschwingungen der Atome ganz oder teilweise wieder aus. Erfolgt die Emission im sichtbaren Spektralgebiet, so spricht man von **Leuchtstoffen**.

Hört die **L** praktisch unmittelbar nach Beendigung der Erregung auf, so spricht man von **Fluoreszenz**. Dabei geht das angeregte Elektron direkt in seinen Grundzustand zurück. Fluoreszenz weisen alle Gase und Dämpfe auf, einige anorganische und viele organische Flüssigkeiten und einige feste Stoffe, z. B. Fluorit und Fluoreszein. Da viele Stoffe in ganz charakteristischer Wellenlänge fluoreszieren, wird diese Eigenschaft in der Fluoreszenzanalyse zur Identifizierung dieser Stoffe angewendet. Bei der **Phosphoreszenz** überdauert die Lichtemission die Einwirkung der Erregung (Nachleuchten). Als Mechanismus nimmt man hier den Übergang der Elektronen über eine Zwischenstufe vom angeregten in den Grundzustand an. Stoffe mit besonders starker Phosphoreszenz heißen **Phosphore**. Bei den meist verwendeten Fremdstoffphosphoren sind der Grundsubstanz, z. B. Zinksulfid, geringe Mengen eines Schwermetalls, z. B. Silber oder Kupfer, zugesetzt.

Man unterscheidet nach ihrer Entstehung zahlreiche Arten der **L**. Die **Biolumineszenz** ist eine biologische Leuchterscheinung als Spezialfall der Chemilumineszenz. Sie tritt bei vielen Tiefseetieren, Glühwürmchen, faulendem Holz u. dgl. auf. Die Chemilumineszenz kommt durch das Auftreten angeregter Elektronenzustände in chemischen Reaktionen zustande. Die **Elektrolumineszenz** wird durch Anregung in starken elektrischen Wechselfeldern, z. B. bei Glimmentladungen, hervorgerufen. Sonderformen dieser **L** sind die **Katodolumineszenz** und die **Tesla-Lumineszenz**. Bei Elektrolyse kann **Galvanolumineszenz** auftreten. Bei Anregung durch elektromagnetische Strahlung (z. B. optisch sichtbares oder ultraviolette Licht) entsteht **Photolumineszenz**, durch radioaktive Strahlung **Radolumineszenz**, durch Photonen höherer Energie **Röntgenlumineszenz**, durch Ultraschall **Sonolumineszenz**. Durch Erwärmung kann **Thermolumineszenz** zustande kommen. Beim Zerkleinern vieler Stoffe

tritt **Tribolumineszenz** (**Reibungslumineszenz**, **Trennungsleuchten**) ein, ein schwaches Leuchten. Als Tribolumineszenz ist auch die **Kristalllumineszenz** aufzufassen, die beim Auskristallisieren mancher Stoffe aus stark übersättigten Lösungen oder Schmelzen auftritt.

Die **L** spielt in Physik, Chemie und Technik eine große Rolle. Sie dient zur Erforschung des Atom- und Molekülbaus und der Struktur der Festkörper, besonders der Halbleiter. Die besonderen Lumineszenzeigenschaften eines Stoffes dienen zu dessen Charakterisierung. Ferner werden viele Lumineszenzvorgänge für spezielle Zwecke eingesetzt (Leuchtfarben, Szintillatoren für Kernphysik und Kernchemie, Fernsehröhren).

Lit. Pandow: **L**. (Stuttgart 1950).

Lumineszenzmikroskopie, swv. \rightarrow Fluoreszenzmikroskopie.

Luminophore, \rightarrow Lumineszenz.

Lumitype, eine Lichtsetzmaschine, \rightarrow Setzen.

Lünette, Setzstock, ein einstellbares Zwischenlager zur Unterstützung langer und dünner, rotierender Werkstücke an Werkzeugmaschinen.

Lunik [russisch luna ‚Mond‘], Name einer Serie sowjetischer Mondsonden, \rightarrow Mondprojekt, \rightarrow Raumfahrt.

Lunker m, ein Schwindungshohlraum im Innern von Gußkörpern. Er entsteht dadurch, daß die Außenteile des Gußkörpers zuerst erstarren und das verbleibende flüssige Metall infolge der eigenen Schwindung den entstehenden Raum nicht mehr ausfüllen kann. Durch Anbringen von Steigern, d. s. meist trichterförmige Hohlräume, die sich beim Gießen mit Metall füllen, und durch Beheizung kann die Lage der **L** in Gußkörpern weitgehend beeinflusst werden. Je nach Ausbildung können **L** die Qualität von Gußkörpern mindern oder diese unbrauchbar machen.

Lunte, veraltete Bezeichnung für Faserband (\rightarrow Band) und Vorgarn (\rightarrow Garn).

Lupe, **Vergrößerungsglas**, eine zur Beobachtung kleiner Gegenstände bestimmte Sammellinse (\rightarrow Linse) von kleiner Brennweite. Der zu betrachtende Gegenstand liegt in der Brennebene der Linse, so daß ein aufrechtes vergrößertes virtuelles Bild entsteht. Die Vergrößerung ist gleich dem Verhältnis der deutlichen Sehweite (für das normale Auge 250 mm) zur Linsenbrennweite; eine **L** von der Brennweite 50 mm vergrößert also $250:50 = 5$ mal. Die Handlupen dienen dem freihändigen Gebrauch. Die Präparierlupen sind in der Höhe verstellbar an einem Stativ mit Objektisch angebracht. Die Vergrößerung beträgt allgemein bis zu 30fach. Derartige **L**n werden auch einfache \rightarrow Mikroskope genannt. Als Sehhilfe bei hochgradiger Schwachsichtigkeit werden Fernrohrlupen und Brillenlupen verwendet; diese sind jedoch nicht mehr einzelne Linsen, sondern Linsensysteme.

Lit. Hodam: Optik in der Längenmeßtechnik (Leipzig 1962).

Luppe, 1) ein kugelförmiger, mit Schlacke durchsetzter Eisenklumpen, der als Produkt beim \rightarrow Renn-Verfahren entsteht. **L**n werden als Rohstoff zur Stahlerzeugung im Siemens-Martin-Ofen und Lichtbogenofen verwendet.

2) **Rohrluppe**, ein kurzes dickes \rightarrow Rohr, ein beim Walzen nahtloser Rohre entstehendes Halbzeug.

Lurgi-Spülgasschmelofen, \rightarrow Schmelzung.

Lutetium, Symbol **Lu**, früher **Cassiopeium**, Symbol **Cp**, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 71, Massenzahlen der Isotope 175 und 176 (β -Strahler, Halbwertszeit $2,4 \cdot 10^{10}$ Jahre), Atomgewicht 174,97 (bezogen auf ^{12}C), D. 9,842 g cm^{-3} , Wertigkeit III, F. 1652 °C, Kp. 3327 °C; 1905 bis 1907 von Auer von Welsbach und Urbain im Ytterbiuroxid gefunden. **L** kommt in Form von Verbindungen zusammen mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat

oder Silikat. Es wird nur in Form von \rightarrow Zer-Mischmetall verwendet.

Lutte, Lotte, ein im Bergbau zur Bewetterung verwendetes, etwa 2 m langes Rohr von 30 bis 80 cm Durchmesser. Die L. besteht aus Blech, Plast, Spezialpappe oder Segeltuch. Durch zu einem Luttenstrang vereinigte L.n werden mit Schraubenlüftern frische Wetter vor Ort geblasen oder schlechte Wetter abgesaugt.

Luv, \rightarrow Lee.

Luvo, Abk. für \rightarrow Luftvorwärmer.

Lux, Kurzz. **lx**, gesetzliche Einheit der Beleuchtungsstärke. Das L. ist die Beleuchtungsstärke einer Fläche, auf die senkrecht je Quadratmeter gleichmäßig der Lichtstrom 1 lm (Lumen) fällt. $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm m}^{-2} = 1 \text{ cd sr m}^{-2}$ (Candela \cdot Steradian/Quadratmeter).

Luxemburg-Effekt, Bezeichnung für die Modulationsbeeinflussung beim Empfang schwacher Sender durch starke Sender, die durch nichtlineare Effekte in der Ionosphäre hervorgerufen wird. Der L.-E. tritt im Lang- und Mittelwellenbereich auf und wurde erstmalig beim Empfang des Senders Luxemburg beobachtet.

Luxmeter, Beleuchtungsstärkemesser, ein Instrument zur Messung der Beleuchtungsstärke des Objekts, der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung und der Beleuchtungsstärken-Differenzierung. Das L. besteht aus Meßwerk, Photoelement und Anpassungs- oder Eichwiderstand und hat neben der Luxwert- eine Blendenzahlenskala. Ein Blickwinkelbegrenzer fehlt.

Luxsekunde, Kurzz. **lx s**, nicht gesetzliche Einheit der Belichtung. $1 \text{ lx s} = 1 \text{ lm s m}^{-2}$ (Lumen \cdot Sekunde/Quadratmeter).

Lw, Symbol für \rightarrow Lawrentium.

LW, Abk. für Leitungswähler, \rightarrow Fernsprechen.

L-Wellen, \rightarrow Erdbeben.

LW-Verfahren, \rightarrow MBV-Verfahren.

lx, Kurzz. für \rightarrow Lux.

lx s, Kurzz. für \rightarrow Luxsekunde.

ly, Kurzz. für \rightarrow langley.

Lyasen, eine Gruppe der \rightarrow Fermente.

Lydit, ein \rightarrow Kieselschiefer.

Lyman-Serie, \rightarrow Wasserstoffspektrum.

Lyogel, \rightarrow Gel.

Lyot-Filter, ein \rightarrow optisches Filter.

Lyrabogen, \rightarrow Rohlrdheuer.

Lys, Abk. für \rightarrow Lysin.

Lysimeter, svw. \rightarrow Verdunstungsmesser.

Lysin, abg. **Lys**, α, ϵ -Diamino-n-kapronsäure, $\text{CH}_2(\text{NH}_2)-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$, eine essentielle Aminosäure. L. kommt frei und besonders reichlich in Protaminen, Histonen, Serumalbuminen und -globulinen und im Fibrin vor.

Lythotriptor, ein \rightarrow Endoskop.

m, 1) Kurzz. für \rightarrow Meter. 2) Kurzz. für \rightarrow Milli. 3) m-, Abk. für \rightarrow meta-.

m, Kurzz. für \rightarrow Zeitwinkelminute.

M, 1) Kurzz. für \rightarrow Mired. 2) Kurzz. für \rightarrow Mega.

3) Kurzz. für \rightarrow Maxwell. 4) **M**, Zeichen für \rightarrow Machzahl.

mA, Kurzz. für Milliampere, \rightarrow Ampere.

mÅ, Kurzz. für Millilångström, \rightarrow Ångström.

Ma, 1) Symbol für Masurium, \rightarrow Technetium.

2) **Ma**, Zeichen für \rightarrow Machzahl.

Mäander, \rightarrow Fluß.

Maar n, eine durch vulkanische Gasexplosionen erzeugte rundliche, trichterförmige Eintiefung der Erdoberfläche, die oft von einem Wall vulkanischer Auswurfstoffe umgeben und häufig mit Wasser gefüllt ist. M.e finden sich in der Vordereifel zwischen Mosel und Kyll, im Gebiet der Schwäbischen Alb und in der Auvergne.

Mache-Einheit, Kurzz. **ME**, nach dem österreichischen Physiker H. Mach benannte, nicht gesetzliche Einheit der Aktivität von Quellwässern, Quellsasen, Bädern u. dgl. Die M.-E. wird in der Balneologie (Bäderkunde) verwendet. 1 ME entspricht einem Ionenstrom von $3,33 \cdot 10^{-13}$ A (Ampere). 1 ME = $3,64 \cdot 10^{-10}$ Ci/l (Curie/Liter) = 3,64 eman = 1 mSt/l (Millistat/Liter).

Machmeter, ein Gerät, das die \rightarrow Machzahl eines Luftfahrzeuges anzeigt. M. sind in Luftfahrzeugen mit großen Fluggeschwindigkeiten, bei denen die Kompressibilität der Luft nicht mehr vernachlässigbar klein ist oder Überschallgeschwindigkeiten auftreten, zur sicheren Führung erforderlich, weil in diesem Geschwindigkeitsbereich verschiedene gefährliche Erscheinungen auftreten, die von der Machzahl abhängig sind. M. werden auch mit \rightarrow Fahrtmessern kombiniert.

Machscher Kegel, \rightarrow Gasdynamik.

Machsche Zahl, svw. \rightarrow Machzahl.

Mächtigkeit, die Dicke einer Gesteinsschicht, eines Ganges oder eines Flözes, d. h. der senkrechte Abstand der beiden Begrenzungsflächen.

Machzahl, Machsche Zahl, Zeichen **M** oder **Ma**, das nach dem Physiker E. Mach benannte Verhältnis der Geschwindigkeit v eines Körpers zur Schallgeschwindigkeit c in dem betrachteten Medium: $M = \frac{v}{c}$. Die M. ist die grund-

legende Ähnlichkeitskennzahl für gasdynamische Strömungen und dient zur Charakterisierung des Strömungszustandes. Sie wird vor allem zur Angabe der Geschwindigkeit, besonders der Überschallgeschwindigkeit, von Luftfahrzeugen und Flugkörpern verwendet. $M > 1$ bedeutet, daß die Geschwindigkeit größer ist als die Schallgeschwindigkeit (340 m s^{-1}), $M < 1$ bedeutet, daß die Geschwindigkeit kleiner ist als die Schallgeschwindigkeit. In Luft von 20°C ist $M = 1 \approx 340 \text{ m s}^{-1} \approx 1200 \text{ km h}^{-1}$, $M = 2 \approx 680 \text{ m s}^{-1} \approx 2400 \text{ km h}^{-1}$.

Magdeburger Halbkugeln, eine aus zwei Hälften bestehende evakuierte Hohlkugel, an der Otto von Guericke die ungeheure Gewalt des Luftdrucks demonstrierte. Nachdem er die durch einen Lederring abgedichtete Kugel mit einer Luftpumpe nahezu luftleer gepumpt hatte, mußte er an jede Seite 8 Pferde spannen, um die Kugel auseinanderzuziehen.

Magerungsmittel, keramische Grundstoffe in meist feinkörniger Form ohne plastische Eigenschaften, z. B. Mehl von Quarz, Feldspat, Kalk, Dolomit, Fritten, gebrannten Scherben, Tonen und Kaolinen. M. werden keramischen Massen beigegeben, um die durch die Tonminerale verursachte Bildsamkeit, die „Fettigkeit“, und die Schwindung herabzusetzen.

Magisches Auge, Magischer Fächer, Ma-

gischer Strich, \rightarrow Abstimmanzeigeröhre.

magisches Quadrat, ein schachbrettartig in Felder geteiltes Quadrat, in das die Zahlen 1, 2, 3, ... so eingetragen sind, daß die Summe der Zahlen in jeder Zeile, Spalte und Diagonale immer den gleichen Wert hat (Abb.).

Magma, eine glutförmige, gasaltige Gesteinschmelze (Silikatschmelzlösung) in den tieferen Bereichen der Erdkruste. Die wichtigsten Bestandteile des M.s sind die Oxide SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O und K_2O sowie leichtflüchtige Bestandteile, darunter vor allem Wasser. Die Temperatur des M.s liegt im Durchschnitt wahrscheinlich um 1000°C . Alle mit dem M. zusammenhängenden Vorgänge faßt man unter dem Begriff **Magmatismus** zusammen; die durch Erstarrung des M.s entstehenden Gesteine nennt man **magmatische Gesteine** (\rightarrow Gestein). Durch Bewegung von Erdkrustenteilen, durch Druckentlastung oder auch aktiv

6	1	8
7	5	3
2	9	4

Magisches Quadrat

kann das M. aus den tieferen Bereichen emporsteigen.

Die Bewegungen des M.s in der Erdkruste stehen in enger Wechselwirkung mit den tektonischen Vorgängen. Aus der Erdtiefe aufsteigendes M. kann in andere Gesteine eindringen (*Intrusion*), umwandelnd auf seine Nachbargesteine wirken (\rightarrow *Metamorphose*) oder diese sogar aufschmelzen (*Assimilation*). Die innerhalb der Erdkruste erstarrten Magmamassen bilden die Tiefengesteine oder Plutonite, die durch Auskristallisation von Mineralen entstehen. Während der Abkühlung kommt es zu Prozessen, die stoffliche Unterschiede in den gebildeten festen Produkten liefern (\rightarrow *Differentiation*). Alle magmatischen Vorgänge, die sich innerhalb der Erdkruste abspielen, bezeichnet man zusammenfassend als *Plutonismus*. Steigt M. bis in die Nähe der Erdoberfläche auf, kann es die Kruste durchbrechen und sich, z. T. begleitet von explosionsartigen Ausschleuderungen (*Ejektion*), als \rightarrow Lava auf die Erdoberfläche ergießen. Alle magmatischen Vorgänge an der Erdoberfläche faßt man unter dem Begriff *Vulkanismus* zusammen.

Das aus der Tiefe der Erde aufsteigende M. ist nicht unbedingt ursprüngliches, *juveniles M.*, sondern kann ultrametamorph gebildetes *palinogenes M.* sein, das durch Aufschmelzung (\rightarrow *Metatexis*) von in die Tiefe versunkenen, festen Gesteinen entsteht.

Eine Vorstufe dazu stellt das inhomogene *Migma* dar. Das palinogene M. kann dieselben Prozesse der Differentiation und Gesteinsbildung durchlaufen wie ein juveniles M.

Lit. Niggli: Das M. und seine Produkte (Leipzig 1937), \rightarrow Mineralogie.

Magmatit, svw. Eruptivgestein, \rightarrow Gestein.

Magnalium, eine Aluminiumlegierung mit 3 bis 9% Magnesium, Rest Aluminium, \rightarrow Hydronalium.

Magnesia, Magnesiumoxid, \rightarrow Magnesium. *M.alba*, basisches Magnesiumkarbonat, \rightarrow Magnesium. **Magnesiaweiß**, eine weiße Mineralfarbe, ist ein Gemisch von Gips oder Bariumsulfat mit M.

Magnesiabinder, **Magnesitbinder**, **Magnesiazement**, ein nichthydraulisches Bindemittel, eine Mischung von pulverförmigem Magnesiumoxid MgO und einer konzentrierten Lösung von Magnesiumchlorid $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. M. dient zur Herstellung von Steinholz und holzhaltigen Fußbodendämmplatten.

Magnesit, **Bitterspat**, ein Mineral, $MgCO_3$, enthält fast stets etwas Fe und Mn an Stelle von Mg; trigonal, weiß; je nach Beimengungsgehalt gelb bis braun (Fe) oder schwarz (Mn). Härte nach Mohs 4 bis 4,5, D. $\approx 3,0 \text{ g cm}^{-3}$ bei reinem M. M. bildet eine durchlaufende Mischkristallreihe mit dem Siderit, deren Glieder je nach der Höhe des Eisengehaltes verschiedene Namen führen. Schwach eisenhaltige M.e heißen **Breunne-rit**, eisenreichere **Mesitinspat**, beim Verhältnis $MgCO_3 : FeCO_3 = 1 : 1$ **Pistomesit**. M. kristallisiert in Chlorit- und Talkschiefern, metasomatisch als **Kristallmagnesit** oder als bei der Zersetzung von Magnesiumsilikaten gebildeter **Gelmagnesit**. Er ist ein wichtiger Grundstoff der Magnesia und des Sintermagnesits.

Magnesiterzeugnisse, \rightarrow feuerfeste Baustoffe. **Magnesium**, Symbol Mg, chemisches Element aus der II. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Erdalkalimetalle, ein Leichtmetall; Ordnungszahl 12, Massenzahlen der Isotope 24, 25 und 26, Atomgewicht 24,312 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II, D. $1,74 \text{ g cm}^{-3}$, F. $650^\circ C$, Kp. $1100^\circ C$; 1808 erstmalig von Davy dargestellt. M. ist silberweiß und glänzend, an der Luft überzieht es sich schnell mit einer dünnen, mattweißen Oxidhaut. Oberhalb $500^\circ C$

verbrennt es mit blendendweißer Flamme zu Magnesiumoxid. Es ist ziemlich dehnbar, so daß es zu dünnen Blechen ausgewalzt und zu Draht gezogen werden kann. In verdünnten Säuren löst sich M. leicht unter Wasserstoffentwicklung. M. kommt in der Natur nie gediegen, sondern nur gebunden vor; vor allem in Form von Karbonaten, Silikaten, Chloriden und Sulfaten. Wichtige Minerale sind Serpentin, Olivin, Sepiolith, Talk, Magnesit, Dolomit, Karnallit, Kieserit und Kainit. Auch Meerwasser und verschiedene Mineralquellen enthalten Magnesiumsalze. In den Pflanzen ist M. Baustein des Chlorophylls. Auch im Blut und in der Muskulatur befindet sich M.

Zur Gewinnung des M.s arbeitet man hauptsächlich nach dem elektrolytischen oder dem elektrothermischen Verfahren. Ausgangsstoffe sind jeweils Magnesit $MgCO_3$, Dolomit $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, Karnallit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, Kalindaugen. Für das *elektrolytische Verfahren* müssen die Ausgangsstoffe zunächst mittels verschiedener chemischer Verfahren in wasserfreies Magnesiumchlorid $MgCl_2$ umgewandelt werden. Dieses wird unter Zusatz von Fluorit, Erdalkali- und Alkalichloriden in die Elektrolysezellen geleitet, die beim *Bitterfelder Verfahren* aus rechteckigen Behältern (Zellen) bestehen, in denen mehrere Anoden aus Graphitplatten und mehrere Gitterkatoden aus Stahlguß parallelgeschaltet sind. Katoden- und Anodenräume werden voneinander durch Scheidewände getrennt, die nur so weit in die Schmelze eintauchen, als zur Erfassung des Chlorgases notwendig ist. Die Elektrolyse erfolgt unter Schutzgas bei Temperaturen zwischen 650 und $725^\circ C$, einer Zellenspannung von 7 bis $7,5 \text{ V}$ und einer Stromstärke bis zu 32000 A . Der Energieaufwand für 1 kg M. beträgt $17,5 \text{ kWh}$. Das flüssige M., das spezifisch leichter als die Elektrolytschmelze ist, wird mit Sieblöffeln abgeschöpft. Der Reinheitsgrad des so gewonnenen M.s beträgt $99,8\%$.

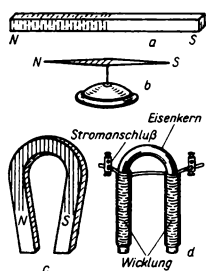
Bei dem *elektrothermischen Verfahren* wird Magnesiumoxid MgO mit Kohle bei $2000^\circ C$ im elektrischen Ofen umgesetzt. Beim *Pidgeon-Prozeß* wird gebrannter Dolomit in Chromnickelstahlretorten bei $1100^\circ C$ mit Ferrosilizium zur Reaktion gebracht. Das entstandene M. wird im Vakuum abdestilliert.

M. wird in Form von Pulver in der Pyrotechnik, in kompakter Form für Desoxydationsmittel, Druckplatten, als Material für Fluorelektrolyseapparate, als Trockenmittel für Methanol und als Reduktionsmittel verwendet. Große technische Bedeutung hat M. als Legierungselement, vor allem mit Al, Mn, Zn, neuerdings auch mit Ce, Zr oder Ti (\rightarrow Elektron, \rightarrow Hydronalium, \rightarrow Magnalium).

Magnesiumverbindungen. **Magnesiumchlorid**, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, farblose, sehr hygroskopische Prismen, verursacht z. B. das Feuchtwerden von Kochsalz, in dem es in geringen Mengen enthalten ist, kommt an Kaliumchlorid gebunden in den Kalisaltlagern als Karnallit und im Meerwasser vor, dient zur Herstellung von Magnesia oder Sorelzement, von Kältelösungen, als Imprägnierungs-, Frostschutz- und Feuerlöschmittel, zur Verhinderung von Glatteis und zur Herstellung metallischen M.s; **Magnesiumkarbonat**, $MgCO_3$, farblose, schwerlösliche Verbindung, findet sich in der Natur als Magnesit und im Dolomit, verwendet in der Medizin und zur Herstellung von Pudern, Zahn- und Putzpulvern, beim Kochen mit Wasser geht es in basisches **Magnesiumkarbonat** (**Magnesiaweiß**, **Magnesia alba**) über, das z. B. als Füllmittel für Kautschuk, Papier und Farben und für feuerfeste Stoffe verwendet wird; **Magnesiumoxid** (**Magnesia**, **gebrannte Magnesia**, **kaustische Magnesia**, **kalzierte Magnesia**, **Magnesia usta**, **Bittererde**, **Talk-**

erde), MgO, farbloses Pulver, kommt in der Natur als Periklas vor, technisch gewinnt man es durch Glühen von Magnesit bei 800 bis 900 °C, bei 1400 bis 1600 °C erhält man **Sintermagnesia** (→ Oxidkeramik), verwendet zur Herstellung feuerfester Materialien, z. B. Verbrennungsröhre, von Sorel- oder Magnesiazement, als Mörtel, mildes Neutralisationsmittel in der Medizin, Streupulver und für Zahnpulver; **Magnesiumsulfat**, MgSO_4 , farbloses Pulver, findet sich in der Hartsalzregion der Kalisalzlager als Kieserit und gelöst in Bitterwässern, aus wässrigen Lösungen kristallisiert es als Bittersalz $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ aus, das in der Natur als Epsomit (Bittersalz) vorkommt und in der Textilindustrie zur Appretur von Geweben, in der Färberei als Beizmittel, als Füllstoff für Papier und Seifen und in der Medizin als schwaches Abführmittel verwendet wird.

Lit. Schichtel: Magnesiumtaschenb. (Berlin 1954), Strelez: Metallurgie des M.s (dtsch Berlin 1953).



Magnet: a Stabmagnet, b Magnetnadel, c Hufeisenmagnet, d Elektromagnet

Magnet, ein metallischer Körper, der die Quelle eines Magnetfeldes bildet. Jeder M. hat zwei Stellen, in deren Umgebung die magnetische Feldstärke besonders groß ist, die Pole (Nordpol N und Südpol S), → Magnetismus. Zur Herstellung von M.en benutzt man bestimmte → Magnetwerkstoffe.

Bei den M.en unterscheidet man permanente M.e und Elektromagnete.

1) **Permanente M.e (Dauermagnete)** entstehen, wenn Magnetwerkstoffe einige Zeit in ein Magnetfeld gebracht werden. So werden z. B. Stahlschienen, die längere Zeit ungefähr in Richtung des Magnetfeldes der Erde liegen, magnetisch. Kleine M.e kann man leicht aus Stahlstücken durch wiederholtes gleichgerichtetes Bestreichen mit einem permanenten M. erhalten. Ebenso kann man das Magnetfeld in gleichstromdurchflossenen Spulen zum Magnetisieren benutzen. Permanente M.e findet man auch in der Natur. Am bekanntesten ist der Magnetkieserit Fe_3O_4 . Permanente M.e werden in Kopfhörern, in elektromagnetischen und elektrodynamischen Mikrofonen, in Tonabnehmern und Lautsprechern, als Magnetnadel beim Kompaß und Magnetpolanzeiger und in kleinen elektrischen Generatoren (Fahrraddynamo, Taschenlampendynamo) und Motoren (Synchronmotoren für Uhren) verwendet. Ferner sind sie wesentlicher Bestandteil wichtiger elektrischer Meßgeräte (Drehspul- und Drehmagnetinstrumente) und dienen zur Erzeugung des magnetischen Feldes für die Wirbelstrombremsung (z. B. in elektrischen Bremsen), in Elektrizitätszählern und in Schwingungsdämpfern.

2) Die **Elektromagnete** bestehen aus mit Eisenkernen versehenen stromdurchflossenen Spulen (→ Elektromagnetismus). Diese Anordnung ist von einem starken Magnetfeld umgeben. Der Eisenkern besteht aus weichem Eisen mit möglichst geringer Remanenz (→ Hysterese) und ist bei Betrieb mit Gleichstrom massiv, bei Betrieb mit Wechselstrom zur Vermeidung von Wirbelströmen aus einzelnen, voneinander isolierten Blechen aufgebaut. Da das Feld eines Elektromagneten das eines permanenten M.en bei weitem übertrifft und gut regelbar ist, werden Elektromagnete in Elektromotoren, zum Heben von Lasten (→ Lastenhebemagnet), in Relais usw. verwendet.

Magnetband, → Magnettonträger.

Magnetbandgerät, → Magnettonverfahren.

Magnetkieserit, svw. → Magnetit.

Magnetfeld, magnetisches Feld, ein Feld in der Umgebung jedes permanenten Magneten und jedes elektrischen Stromes, → Magnetismus, → Elektromagnetismus, → Erdmagnetismus.

Magnetfeldröhre, → Lauffeldröhre.

Magnetfilm, ein → Magnettonträger.

Magnetik, svw. → Geomagnetik.

Magnetika, Sing. Magnetikum, magnetische Stoffe mit einer Permeabilität $\mu > 1$. Hierunter fallen Paramagnetika, Ferromagnetika, Ferrimagnetika und Antiferromagnetika (nicht Diamagnetika); → Magnetismus.

magnetische Doppelbrechung, **Cotton-Mouton-Effekt**, eine dem elektrischen → Kerr-Effekt entsprechende magnetische Erscheinung; dabei verläuft das magnetische Feld senkrecht zur Durchstrahlungsrichtung des Lichtes.

magnetische Durchflutung, svw. → Amperewindungszahl.

magnetische Feldkonstante, → Feldkonstanten.

magnetische Feldstärke, Zeichen H , früher auch **magnetische Erregung** genannt, eine physikalische Größenart, die neben der magnetischen Flußdichte oder Induktion B zur Beschreibung eines magnetischen Feldes dient, → Magnetismus.

Die m. F. in der Umgebung eines Magnetpols gibt in jedem Punkt die Richtung und den Betrag der Kraft an, die auf einen dort angestellten anderen Magnetpol der Polstärke 1 wirken würde; sie nimmt mit wachsender Entfernung vom felderregenden Magnetpol ab. In einer stromdurchflossenen Spule ist die m. F. $H = \frac{I \cdot w}{l}$. Hierbei

ist I die Stromstärke, w die Zahl der Windungen, l die Länge der Spule. Das Produkt aus Stromstärke I und Zahl der Windungen w ist die → Amperewindungszahl. Das Magnetfeld um einen stromführenden geraden Leiter wird beschrieben

durch $H = \frac{I}{2\pi r}$. Hierbei ist r die Entfernung vom

Leiter. Diese Formeln folgen aus den Maxwell'schen Gleichungen.

Die Einheit für die m. F. ist Ampere/Meter. Die m. F. von der Größe 1 Am^{-1} ist die m. F., die im leeren Raum von einem elektrischen Strom der Stärke 1 A durch einen unendlich langen geraden Leiter von kreisförmigem Querschnitt auf dem Rand einer zum Leiterquerschnitt konzentrischen Kreisfläche von 1 m Umfang hervorgerufen wird. In der Physik und Elektrotechnik wurde früher die m. F. auch in Oersted gemessen; diese Einheit ist heute nicht mehr zulässig.

magnetische Induktion, **magnetische Flußdichte**, Zeichen B , eine physikalische Größe, die neben der magnetischen Feldstärke H zur Kennzeichnung eines magnetischen Feldes dient. Die m. I. entspricht der elektrischen Verschiebungsdichte D eines elektrischen Feldes.

Ist Φ der magnetische Fluß durch die Fläche A , dann gilt $B = \frac{\Phi}{A}$. Mit der magnetischen Feld-

stärke H ist die m. I. B durch die Gleichung $B = \mu_0 H$ verknüpft, dabei ist μ die Permeabilität des Mediums, μ_0 die magnetische Feldkonstante. Im Gaußschen elektromagnetischen System (→ Einheitensysteme) ist $\mu_0 = 1$, so daß im Vakuum ($\mu = 1$) strenge Gleichheit der Zahlenwerte von B und H besteht, für alle Stoffe außer den Ferromagnetika noch angenäherte Gleichheit ($\mu \approx 1$). Bei Ferromagnetika ist μ keine Stoffkonstante, sondern von H abhängig, so daß B nicht mehr H proportional ist. Neben der Permeabilität verwendet man auch die magnetische Suszeptibilität zur Kennzeichnung der magnetischen Eigenschaften eines Stoffes.

Die m. I. wird in Weber/Quadratmeter (Wb m^{-2}) bzw. Voltsekunde/Quadratmeter (Vs m^{-2}) oder in Tesla (T) gemessen. Weber/Quadratmeter oder Voltsekunde/Quadratmeter ist die m. I. eines homogenen magnetischen Flusses, der die Fläche von 1 m^2 senkrecht mit der Stärke 1 Wb durchsetzt. Das Tesla ist die Dichte eines homogenen magnetischen Flusses von 1 Weber, der eine Fläche von 1 Quadratmeter senkrecht durchsetzt.

magnetische Legierungen, Legierungen mit besonderen ferromagnetischen Eigenschaften (hauptsächlich Eisen-, Nickel- und Kobaltlegierungen, aber auch → Heuslersche Legierungen). Die Hysteresisschleife gibt ein Maß für die Arbeit, die für die Ummagnetisierung aufgebracht werden muß. Nach der Größe der Ummagnetisierungsarbeit unterscheidet man magnetisch weiche Werkstoffe (kleine Ummagnetisierungsarbeit), z. B. Weicheisen mit hoher Induktion und geringer Koerzitivfeldstärke, und magnetisch harte Werkstoffe (große Ummagnetisierungsarbeit), z. B. Dauermagnete mit hoher Koerzitivfeldstärke und großer verbleibender Induktion.

magnetischer Fluß, Induktionsfluß, Zeichen Φ , eine physikalische Größe, die dem Feldfluß (→ Kraftfluß) eines magnetischen Feldes durch eine bestimmte Fläche A entspricht. In einem homogenen Feld ist der magnetische F gleich dem Produkt aus der magnetischen Flußdichte oder Induktion B und der betrachteten Fläche A : $\Phi = B \cdot A$. Man kann sich die Größe des magnetischen F es veranschaulichen durch die Zahl der Feldlinien (genauer Linien der magnetischen Induktion B), die durch die betrachtete Fläche hindurchtreten. In einer stromdurchflossenen Spule ist der magnetische F , proportional der Stromstärke und damit der magnetischen Feldstärke.

Die Einheit des magnetischen F es ist das Weber (Wb) oder die Voltsekunde (Vs). Das Weber oder die Voltsekunde ist der magnetische F , der in einer ihn umschlingenden Windung die elektrische Spannung 1 V induziert, wenn er während der Zeit 1 s gleichmäßig auf Null abnimmt. Daneben wurde früher auch das Maxwell (M) verwendet. **magnetischer Konstanthalter**, ein → Stabilisator.

magnetisches Feld, svw. → Magnetfeld.

magnetisches Gebälge, eine Löschleinrichtung für einen Gleichstrom-Lichtbogen, der beim Öffnen eines Schaltkontaktes in einem Gleichstromkreis entstehen kann. Der Lichtbogen, der zwischen den Polen des geöffneten Schalters brennt, wird durch ein senkrecht zur Lichtbogenachse stehendes magnetisches Feld abgelenkt und auf höfnerartig ausgebildete Kontaktstücke oder Hilfselektroden übergeleitet (*magnetische Blasung*). Dadurch wird der Lichtbogenweg vergrößert, und der Lichtbogen erlischt. Das Magnetfeld wird durch den Lichtbogenstrom selbst erzeugt und kann durch ein zusätzliches Feld noch verstärkt werden. Die Lichtbogenlöschung erfolgt im Bruchteil einer Sekunde. Dadurch wird der Abbrand der Kontakte gering gehalten.

magnetisches Gleisgerät, magnetischer Impulsgeber, ein vom Achsdruck unabhängiges neuzeitliches Gleisschaltmittel (→ Zugeinwirkungsanlage). Beim Vorüberfahren des Spurkranzes eines jeden Rades erfolgt durch Veränderung eines magnetischen Feldes eine Einwirkung auf das an der Schiene angebrachte Gerät. Dadurch wird ein Kontakt gesteuert, oder es erfolgt eine kontaktlose Auswirkung, z. B. durch Magnetverstärker. Magnetische G.e können für Achszählungen (→ Achszähler) und Schienenkontakte angewendet werden.

magnetische Spannung, Zeichen V , eine physikalische Größe, die Spannung, die zwischen zwei Punkten A und B eines Magnetfeldes herrscht. Im homogenen Feld ist sie gleich dem Produkt aus magnetischer Feldstärke H und Abstand der beiden Punkte, im beliebigen Feld das Integral

$\int_A^B H \, dr$. Die m. S. wird in Ampere (A) gemessen; die früher auch verwendete Einheit Gilbert (Gb) ist nicht mehr zulässig.

magnetische Störungen, rasche zeitliche Schwankungen des erdmagnetischen Feldes.

Magnetische Stürme (magnetische Gewitter) entstehen durch das Eindringen von Korpuskularstrahlung in die Ionosphäre. Dieser Vorgang ist eng mit dem Auftreten größerer Sonnenflecken und Protuberanzen verknüpft. Das Abklingen magnetischer Stürme endet meist mit einer Verringerung der Horizontalintensität des erdmagnetischen Feldes. Dieser Unterschied gegenüber dem Zustand vor Eintritt des magnetischen Sturmes heißt **Nachstörung**. Es gibt eine 27tägige Häufigkeitsperiode der magnetischen Stürme, die mit der Rotationsdauer der Sonne, und eine 30 tägige, die mit der Rotation des tieferen Sonnenkerns zusammenhängt. Weitere Erscheinungsformen der m.n. S. sind die Baistörung, die Pulsationen und der Sonneneruptionseffekt.

Magnetisierung, 1) die Erzeugung von permanentem Magnetismus in einem Körper, → Magnet.

2) Zeichen M , das magnetische Moment je Volumeneinheit eines Körpers im Magnetfeld oder eines Permanentmagneten. Es entsteht durch Summierung der magnetischen Momente der einzelnen Elementarmagnete. Der Zusammenhang mit den das Magnetfeld kennzeichnenden physikalischen Größen, der magnetischen Feldstärke H und der magnetischen Induktion B ist $B = \mu_0 (H + M)$, dabei ist μ_0 die magnetische → Feldkonstante (absolute Permeabilität). Ferner gilt $M = \mu_0 \kappa H$, dabei ist κ der **Magnetisierungskoeffizient** oder die magnetische **Suszeptibilität**; diese Größe kann ebenso wie die relative → Permeabilität μ zur Kennzeichnung der magnetischen Eigenschaften eines Stoffes dienen. Aus der Bezeichnung $B = \mu \mu_0 H$ (→ magnetische Induktion) folgt $\mu = 1 + \kappa$. Für ein Paramagnetikum ist $\kappa > 0$, für ein Diamagnetikum gilt dagegen $\kappa < 0$. Für die Temperaturabhängigkeit der Suszeptibilität und damit der M gilt das → Curiesche Gesetz.

Magnetisierungsstrom, der Strom zum Aufbau des magnetischen Feldes einer elektrischen Maschine oder eines Transformators.

Magnetismus, die Lehre vom magnetischen Feld und den magnetischen Erscheinungen. Ursprünglich verstand man unter M . die Eigenschaft bestimmter Körper, der → Magnete, Eisen anzuziehen und andere Magnete anzuziehen oder abzustößen. Diese Eigenschaften kann man sich auf zwei Stellen dieser Körper lokalisiert denken: auf den positiven oder Nordpol und auf den negativen oder Südpol. Gleichnamige Pole zweier Magnete stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Das Gesetz der Kraftwirkungen F entspricht dem Coulombschen Gesetz der Elektrizität, wobei die Ladung durch die Polstärke p und die Dielektrizitätskonstante durch die Permeabilität μ (oder die reziproke Permeabilität $\frac{1}{\mu}$, je nach dem Maßsystem) zu ersetzen sind:

$$F = \frac{1}{4\pi\mu} \cdot \frac{p_1 p_2}{r^2}, \text{ wobei } r = \text{Abstand der beiden}$$

Magnetpole p_1 und p_2 . Es ist unmöglich, einzelne Magnetpole zu isolieren; sie kommen immer nur als Nord- und Südpol gepaart vor. Teilt man daher einen Magneten, so ist jedes Stück wieder ein Magnet (Abb. 1). Man kann dies verstehen, indem man annimmt, daß sich ein Magnet aus kleinen Elementarmagneten zusammensetzt, die sich mit ungleichnamigen Polen berühren. Dann heben sich im Innern die Pole gegenseitig auf, und nur die jeweils an den Enden sitzenden sind frei. — Die Kräfte, die von einem Magneten ausgehen, sind auch durch das Vakuum wirksam. Man muß hieraus genau wie bei der Elektrizität den Schluß ziehen, daß diese Kräfte nicht mechanisch (etwa durch Stoß auf ein Zwischenmedium) übertragen werden, und man beschreibt sie deshalb mit Hilfe des **Magnetfeldes** (→ magnetische Feldstärke, → magnetische Induktion).

N S N S N S N S N S

1 Aufgeteilter Stabmagnet

Eine Erweiterung des Begriffes M. ergibt sich durch die Möglichkeit, auch auf elektrischem Wege Magnetfelder zu erzeugen, → **Elektromagnetismus**.

Die Zusammenhänge zwischen Elektrizität und M. werden durch die Maxwell'schen Gleichungen beschrieben. Am deutlichsten wird dieser Zusammenhang in der Relativitätstheorie, wo man mathematisch das elektrische Feld und Magnetfeld zu einem elektromagnetischen Feld zusammenfassen kann, das je nach den Versuchsbedingungen als elektrisches Feld, Magnetfeld oder beides erscheint.

Bei genauerer Untersuchung zeigt sich, daß der M. nicht nur eine Eigenschaft des Eisens und einiger anderer Stoffe, sondern daß er eine allgemeine Eigenschaft aller Stoffe ist. Die magnetischen Eigenschaften sind nur sehr viel schwächer ausgeprägt als beim Eisen. Nach Art und Stärke dieser Eigenschaften teilt man den M. in Diamagnetismus, Paramagnetismus und Ferromagnetismus ein. Diamagnetische Stoffe werden in Magnetfeldern in Bereiche geringerer Feldstärke gedrängt, also von den Polen abgestoßen, para- und ferromagnetische Stoffe werden in Richtung wachsender Feldstärke gezogen (Abb. 2). Kurzbezeichnung für alle magnetischen Stoffe (außer Diamagnetika) ist **Magnetika** (Sing. das Magnetikum). Der Ferromagnetismus ist wesentlich stärker als der Paramagnetismus. Mittels der Permeabilität μ kann man die drei Arten von Magnetismus folgendermaßen kennzeichnen: bei diamagnetischen Stoffen ist μ etwas kleiner als eins; bei paramagnetischen Stoffen ist μ etwas größer als eins; bei ferromagnetischen Stoffen ist μ wesentlich größer als eins.

Die Theorie der Atome erklärt die verschiedenen Formen des M. folgendermaßen: Die Atome bestehen aus Kern und Elektronenhülle. Die Elektronen umkreisen den Kern. Diese kreisförmige Bewegung des Elektrons entspricht einem Kreisstrom. Kommt nun das Atom in ein Magnetfeld, so wird durch Induktion die Stromstärke geändert, und zwar derart, daß das durch diesen Induktionsstrom erzeugte Magnetfeld dem ursprünglichen entgegengerichtet ist (Lenz'sche Regel). Damit ist der **Diamagnetismus** erklärt. Er ist also bei allen Stoffen vorhanden, auch bei den para- und ferromagnetischen. Bei letzteren wird er nur durch den stärkeren Para- oder Ferromagnetismus überdeckt. — Jeder durch die in einem Atom oder Molekül kreisenden Elektronen gebildete Kreisstrom besitzt ein Magnetfeld. Im allgemeinen werden sich die von den einzelnen Elektronenbahnen herrührenden Felder gegenseitig aufheben. Ist dies nicht der Fall, so besitzt dieses Atom oder Molekül ein magnetisches Dipolmoment (→ Dipol), kurz magnetisches Moment, und stellt einen kleinen Magneten (Elementarmagneten) dar. Die Momente der einzelnen Moleküle werden sich gegenseitig aufheben. Wird aber ein Magnetfeld angelegt, so richten sich die Moleküle so aus, daß ihr Feld dem äußeren gleichgerichtet ist (**Paramagnetismus**). Ferner wird gleichzeitig durch Induktion der erwähnte (meist schwächere) Diamagnetismus erzeugt. Bei **Ferromagnetismus** liegen die Verhältnisse anders. Hier ist die Ursache des magnetischen Moments nicht das durch die Kreisbahn der Elektronen hervorgerufene Moment, sondern das magnetische Moment des Elektrons selbst, das durch den Spin bedingt ist. Bei geeigneter gegenseitiger Beeinflussung stellen sich die Spins in gewissen Gitterbereichen parallel. Durch die Beteiligung vieler Elektronen erhalten diese → Weißschen Bezirke ein beträchtliches magnetisches Moment, so daß der Ferromagnetismus den Paramagnetismus an Stärke weit übertrifft. Über das Verhalten ferromagnetischer Stoffe in Magnetfeldern → Hysterese. Stoffe, die sich in vieler Hinsicht ähn-

lich wie die Ferromagnetika verhalten, sind die Ferroelektrika (→ Ferroelektrizität).

Antiferromagnetisch nennt man Stoffe, bei denen im Gegensatz zu den ferromagnetischen die Spins benachbarter Atome die Tendenz haben, sich antiparallel zu stellen. Bei höheren Temperaturen wird diese jedoch von der unregelmäßigen Wärmebewegung überwogen, so daß sich diese Stoffe — viele anorganische Verbindungen — wie paramagnetische verhalten. Die **ferromagnetischen Stoffe**, die man früher zu den ferromagnetischen rechnete, enthalten Atome verschiedener chemischer Wertigkeit, z. B. die II- und III-wertigen Eisenatome im Eisen(II,III)-oxid (Magnetit). Atome gleicher Wertigkeit stellen ihre Spins parallel, die beiden Gruppen von Atomen jedoch antiparallel.

Die Orientierung der Spins in ferro-, ferri- und antiferromagnetischen Stoffen ließ sich durch Neutronenbeugungsversuche nachweisen. Weiteres → magnetomechanischer Parallelismus.

Diese Anschauungen über die verschiedenen Erscheinungsformen des M. werden durch die Art der Temperaturabhängigkeit gestützt: Der Diamagnetismus ist als eine Atomeigenschaft temperaturunabhängig. Der Paramagnetismus nimmt mit steigender Temperatur ab, da die Wärmebewegung der Ordnung durch das Magnetfeld entgegenwirkt (→ Curiesches Gesetz). Der Ferromagnetismus nimmt ebenfalls mit steigender Temperatur ab und geht bei einem bestimmten Punkt, der Curie-Temperatur, plötzlich in den Paramagnetismus über. — Die quantenmechanische Theorie des Ferromagnetismus ist sehr kompliziert und wurde von Heisenberg begründet. Eine ihrer Grundvorstellungen sind die → Spinwellen. — Moderne Methoden zur Erforschung des M. sind die para-, die ferro- und die kernmagnetische Resonanz.

Beispiele für diamagnetische Stoffe: Edelgase, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, fester Schwefel, graues Zinn, Kupfer, Silber, Wismut; für paramagnetische Stoffe: Sauerstoff, gasförmiger Schwefel, Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, metallisches Zinn, Mangan, Platin, zahlreiche Ionen; für ferromagnetische Stoffe: Eisen, Nickel, Kobalt, Gadolinium, einige Legierungen (Heusler'sche Legierungen), Ferrate(III), z. B. das $\text{Fe}[\text{FeO}_2]_2$. — Die Ferrite sind meist ferrimagnetische Stoffe, → Elektrokeramik.

Magnetit, **Magnetisenstein**, ein Mineral, wichtiges und häufiges Eisenerz (Eisengehalt 41 bis 70 %), Fe_3O_4 ; kubisch, Spinellstruktur, häufig Oktaeder, schwarz, Härte nach Mohs 5,5, D. $\approx 5,2 \text{ g cm}^{-3}$. M. ist stark ferromagnetisch und leitet den elektrischen Strom ziemlich gut. M. kommt als Gemengteil in vielen Eruptiv- und metamorphen Gesteinen vor.

Man verwendet ihn als Ausgangsstoff für Eisen und Stahl, ferner als Entkohlungsmittel beim Siemens-Martin-Verfahren und unter der Bezeichnung Eisenoxidschwarz als Pigment.

Magnetkies, swv. → Pyrrhotin.

Magnetmotor, → Reluktanzmaschine.

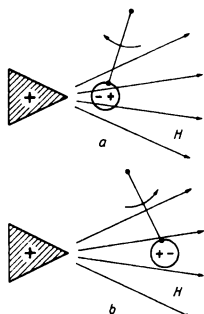
Magnetnadel, ein dünnes, im Schwerpunkt aufgehängtes oder auf eine Spitze gesetztes Magnetstäbchen. Es wird im Kompaß und Nadelgalvanometer verwendet (Abb. → Magnet).

Magnetofluidodynamik, → Magnetohydrodynamik.

Magnetogasdynamik, → Magnetohydrodynamik.

Magnetogramm, Aufzeichnung des → Magnetometers.

Magnetohydrodynamik, abg. MHD, oft auch als **Magnetofluidodynamik**, abg. MFD, bezeichnet, die Lehre von den Strömungsvorgängen in elektrisch leitenden Flüssigkeiten (z. B. flüssige Metalle) und in ionisierten Gasen (Plasma) bei



2 Paramagnetischer Körper (a) und diamagnetischer Körper (b) im inhomogenen Magnetfeld. H magnetische Feldstärke

gleichzeitiger Einwirkung magnetischer Felder. Die Lehre von den Strömungsvorgängen im Plasma wird auch als **Magnetogasdynamik**, abg. **MGD**, bezeichnet. Bei den Bewegungen sind sowohl die elektrischen Effekte als auch die Strömungsvorgänge zu berücksichtigen. Ein wichtiges Anwendungsgebiet der M. ist die Berechnung der Vorgänge in magnetohydrodynamischen Energiewandlern (\rightarrow magnetohydrodynamischer Generator).

magnetohydrodynamischer Generator, abg. **MHD-Generator**, **MHD-Wandler**, ein thermoelektrischer Generator, der eine direkte Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie und umgekehrt ermöglicht. Durch starkes Aufheizen eines Mediums wird dieses ionisiert und damit elektrisch leitend. Der Zusatz von Alkaliverbindungen kann die Leitfähigkeit weiter verbessern. Neben der thermischen Ionisation besteht noch die Möglichkeit, das Arbeitsmedium durch Betastrahlung von Reaktorprodukten oder durch Fremdelektronenbeschuss zu ionisieren. In einer Düse wird das ionisierte Gas entspannt und auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigt, anschließend strömt es durch ein quer zur Strömung gerichtetes Magnetfeld. Nach dem Induktionsgesetz wird dadurch wie in einem festen Leiter eine elektrische Spannung induziert, und bei Schließung des Stromkreises fließt ein elektrischer Strom. Besondere Schwierigkeiten bereiten die sehr hohen Temperaturen von 2000 bis 3000 °K, so daß entsprechend hochwärmefeste Werkstoffe vorhanden sein müssen. Zur Erzielung eines hohen Gesamtwirkungsgrades wird die Abwärme noch in einem normalen Turbinenprozeß ausgenutzt. Die ersten Versuchsanlagen befinden sich in der Erprobung. Bei Großanlagen von mehreren 100 MW sind nach Rechnungen thermische Wirkungsgrade von etwa 60 % zu erwarten. Besondere Anwendung könnten magnetohydrodynamische G.en im Zusammenhang mit der direkten Umwandlung von aus Kernenergie gewonnener Wärme in elektrische Energie finden.

magnetomechanische Effekte, svw. \rightarrow gyromagnetische Effekte.

magnetomechanischer Parallelismus, die Erscheinung, daß jede rotierende elektrische Ladung einen magnetischen Dipol darstellt. Der Magnetismus der Materie beruht nach Ampere auf atomaren oder molekularen Kreisströmen (beide als Molekularströme bezeichnet), die man sich aus kreisenden Elektronen bestehend vorstellen kann. Daneben kann aber auch die Eigenrotation (der Spin) der Elektronen magnetische Effekte bedingen. Jedem Kreisstrom ist ein magnetisches Moment μ zugeordnet. Andererseits hat das atomare System durch die umlaufende Masse des Elektrons einen mechanischen Drehimpuls p . Der magnetomechanische P. besteht darin, daß allgemein jeder elektrisch geladene Körper mit dem mechanischen Drehimpuls p auch ein magnetisches Moment μ von der Größe $\mu = \gamma \cdot p$ hat.

Das gyromagnetische Verhältnis $\gamma = \frac{\mu}{p}$ hat für umlaufende Elektronen, unabhängig von Bahnradius und Umlaufgeschwindigkeit, den festen Wert $\frac{e}{2mc}$, wobei e die Ladung und m die Masse des umlaufenden Teilchens sowie c die Lichtgeschwindigkeit bedeuten. Der magnetomechanische P. zeigt sich makroskopisch z. B. bei folgenden zwei gyromagnetischen Effekten: Beim **Barnett-Effekt** wird ein nichtmagnetischer Körper durch Rotation magnetisiert; und beim **Einstein-de-Haas-Effekt** erhält ein ursprünglich unmagnetischer Körper im Moment der Magnetisierung einen mechanischen Drehimpuls und beginnt sich zu drehen. Eigentümlicherweise

ergab in beiden Fällen der experimentelle Befund für γ das Doppelte des oben angegebenen Wertes. Diese Diskrepanz fand ihre Aufklärung durch die Entdeckung des \rightarrow Spins und die Quantenphysik (\rightarrow Magnetron). Neuerdings wird der magnetomechanische P. zur Bestimmung von Kernmomenten ausgenutzt, \rightarrow kernmagnetische Resonanz.

Magnetometer, Geräte, die in der Geomagnetik zum Messen des Erdmagnetismus dienen. Für Messungen direkt auf der festen Erdoberfläche verwendet man \rightarrow Feldwaagen oder \rightarrow Variometer, für Messungen in Kraftfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen benutzt man beschleunigungsunempfindliche M., deren Meßprinzipien elektromagnetische oder kernphysikalische Effekte zugrunde liegen. Die mit M.n gewonnenen Aufzeichnungen bezeichnet man als **Magnetogramme**.

Magneton, Maß für atomare magnetische Mo-

mente. 1) **Bohrsches M.**: $\mu_B = \mu_0 \frac{eh}{4\pi m_e} = 1,165$

$\cdot 10^{-29}$ Wbm, wobei e = Elementarladung, h = Plancksches Wirkungsquantum, μ_0 = magnetische Feldkonstante, m_e = Elektronenmasse, μ_B ist das kleinste magnetische Bahnmoment des Elektrons im Wasserstoffatom und nach der Diracschen Theorie das magnetische Moment, das dem Eigendrehimpuls (Spin) des Elektrons zuzuordnen ist. Alle magnetischen Momente von Atomen und Molekülen lassen sich durch vektorielle Addition aus ganzzahligen Vielfachen von Bohrschen M.en zusammensetzen. Dem magnetischen Bahnmoment μ_B entspricht der

mechanische Drehimpuls $\frac{h}{2\pi}$ des Elektrons

auf seiner Bahn; zu dem magnetischen Spinnmoment μ_B gehört aber der Spin $\frac{h}{4\pi}$ des Elek-

trons. Für magnetische Momente, die vom Spin herrühren, ist also das gyromagnetische Verhältnis γ (\rightarrow magnetomechanischer Parallelismus) doppelt so groß wie für magnetische Bahnmomente. Die Untersuchung der gyromagnetischen Effekte zeigte, daß der Magnetismus der ferromagnetischen Stoffe von den Spins und nicht von den Bahndrehimpulsen der Elektronen herrührt.

2) **Weißsches M.**: $\mu_W \approx \frac{1}{5} \mu_B$, empirische Einheit für magnetische Momente, die noch vor der Bohrschen Theorie von P. Weiß gefunden wurde. Alle magnetischen Momente von paramagnetischen Molekülen sind etwa ganzzahlige Vielfache von μ_W .

3) **Kernmagneton**: $\mu_K = \frac{1}{1837} \mu_B$, Maß für

magnetische Kernmomente. Proton und Neutron

haben jedes den Spin $\frac{h}{4\pi}$, dagegen beträgt das

magnetische Moment des Protons + 2,79 μ_K und das des Neutrons - 1,91 μ_K . Das Minuszeichen besagt, daß Drehimpulsvektor und Vektor des magnetischen Moments einander entgegengerichtet sind.

Magnetooptik, die Lehre von der Wirkung magnetischer Felder auf optische Erscheinungen. **Magnetooptische Effekte** sind Faraday-Effekt, magnetische Doppelbrechung, magnetooptischer Kerr-Effekt, Zeemann-Effekt.

Magnetorotation, svw. \rightarrow Faraday-Effekt.

Magnetostriktion, **Joule-Effekt**, die elastische Verformung (Längenänderung oder Torsion) ferromagnetischer Stoffe durch Magnetisierung. Die M. bildet das magnetische Analogon zur Elektrostriktion. So wird z. B. ein Eisenstab bei Einwirkung geringer Feldstärken verlängert; bei wachsender Feldstärke geht die Verlängerung wieder zurück und schlägt schließlich in eine Verkürzung um, reines Nickel wird dagegen stets

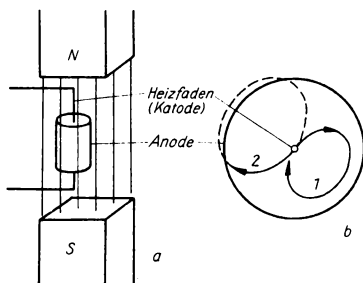
Magnetpole der Erde

kürzer. Die M. wird neben der Elektrostriktion zur Erzeugung von hochfrequenten mechanischen Schwingungen (\rightarrow Ultraschall) benutzt. Man legt zu diesem Zweck ein hochfrequentes magnetisches Wechselfeld z. B. an einen Nickelstab. Zur Vermeidung von Wirbelstromverlusten muß der Nickelstab lamelliert sein. Die relativen Längenänderungen liegen in der Größenordnung von 10^{-8} bis 10^{-4} A m^{-1} .

Magnetpole der Erde, \rightarrow Erdmagnetismus.

Magnetprobe, eine Kurzprüfung für Stähle mittels eines Magneten. Austenitische Stähle (\rightarrow Austenit) sind unmagnetisch, ferritische Stähle (\rightarrow Ferrit), perlitische Stähle (\rightarrow Perlit) und martensitische Stähle (\rightarrow Martensit) sind magnetisch.

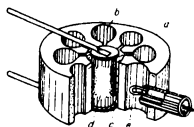
Magnetron, eine Bauform der Elektronenwellen-Magnetfeldröhre (\rightarrow Lauffeldröhre) in Form einer zylindrischen Diodenanordnung. Außer dem elektrischen Feld zwischen Katode und Anode wirkt noch ein konstantes magnetisches Feld senkrecht zu den elektrischen Feldlinien, also in Achsrichtung, auf die Elektronen ein (Abb. 1).



1 Uform des Magnetrons. a Elektrodenanordnung, b Elektronenbahnen bei niedriger (1) und höherer (2) Anodenspannung

Wirkungsweise: Durch die Einwirkung beider Felder beschreiben die Elektronen stark gekrümmte Bahnen (Kardioidenbahnen, Rollkreisurven). Bei geeigneter Wahl der elektrischen und magnetischen Feldstärke fliegen die Elektronen an der Anode, diese nahezu streifend, vorbei. Wird zwischen Anode und Katode außer der Gleichspannung noch eine Wechselspannung angelegt, so werden die Elektronen zusätzlich beschleunigt oder verzögert. Dabei treffen die beschleunigten Elektronen auf die Anode auf, die verzögerten Elektronen aber können die durch die Abnahme der kinetischen Energie freiwerdende Energie an einen zwischen Katode und Anode angeschlossenen Schwingkreis in Form einer Lecherleitung abgeben, so daß dieser, wenn seine Frequenz mit der Umlauffrequenz der Elektronen übereinstimmt, zu Schwingungen angeregt wird.

Dient als Anode der Anordnung ein Vollzylinder, so spricht man vom Nullschlitzmagnetron oder Rollkreismagnetron. Diese Form des M.s hat heute keine Bedeutung mehr. Beim Vielschlitzmagnetron, z. B. Zweischlitz- oder Vierschlitzmagnetron, wird der Anodenzylinder geschlitzt und der anzuregende Schwingkreis zwischen zwei benachbarte Anodensegmente, die paarweise miteinander verbunden sind, angeschlossen. Dadurch werden die den Wirkungsgrad mindernden Laufzeitinflüsse und die Verluste in den Schwingkreiszuleitungen herabgesetzt. Bei dem modernen Vielkammer- oder Vielkreismagnetron, auch Wanderfeldmagnetron genannt (Abb. 2), besteht die Anode aus einem massiven, meist kreisrunden Kupferblock, der außer der zentralen Bohrung zur Aufnahme der Katode noch Schlitzte oder Hohlräume in axialer Richtung besitzt, die wie Schwingkreise



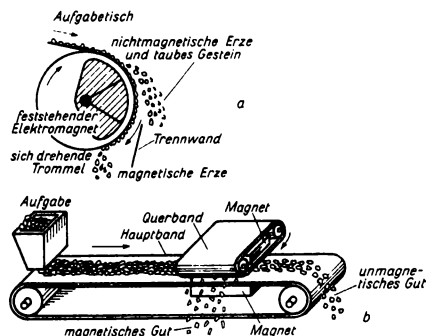
2 Vielkammermagnetron. a kupferner Anodenblock, b als Hohlraumresonator dienende zylindrische Schlitzte, c Wechselwirkungsraum für die Elektronenbewegung, d indirekt geheizte Katode, e Koppelschleife zur Entnahme der Leistung

(Hohlraumresonatoren) wirken und die erzeugte Frequenz bestimmen. Außerdem bilden die Hohlraumresonatoren im Anodenkörper eine in sich geschlossene, ringförmige Verzögerungsleitung, auf der ein umlaufendes Wechselfeld geführt wird, mit dem die Elektronen in Wechselwirkung treten. Die Energieabgabe der Elektronenstromung an das hochfrequente Wechselfeld wird durch das von der Verzögerungsleitung geführte und in Flugrichtung der Elektronen wirkende Wechselfeld ausgelöst. Durch die wechselnde Beschleunigung und Abbremsung entstehen Elektronenpakete, die sich unter der Einwirkung des konstanten Magnetfeldes und des zwischen Katode und Anode wirkenden elektrischen Wechselfeldes zur Anode hin bewegen, auf die sie mit sehr kleiner Geschwindigkeit auf treffen. Dadurch ist der Wirkungsgrad dieser Röhren sehr hoch (bis 75 %). Durch die Verzögerungsleitung wird wie bei der Wanderfeldröhre (\rightarrow Lauffeldröhre) die für die Energieabgabe notwendige Bedingung der annähernden Gleichheit von Phasengeschwindigkeit des hochfrequenten Feldes und Umlaufgeschwindigkeit der Elektronenstromung technisch realisiert. Die Energie wird aus einem Hohlraumresonator des Vielkammermagnetrons entweder durch eine Koppelschleife auf ein Koaxialkabel oder durch einen Koppelschlitz auf einen Hohlleiter übertragen.

Mit M.en lassen sich Schwingungen bis herab zu Wellenlängen von einigen mm bei Spitzenleistungen von einigen Kilowatt erzeugen. Im cm-Gebiet erreicht man mit M.en, die in Radaranlagen verwendet werden, Impulsleistungen bis zu mehreren Megawatt (Impulsmagnetron). Zum Erhitzen von Speisen und zum Backen sowie zum Trocknen werden Dauerleistungen von einigen Kilowatt erzeugt.

Lit. Megla: Dezimeterwellentechnik (5. Aufl. Berlin 1961).

Magnetscheiden, ein Aufbereitungsverfahren zum Trennen von magnetischen und unmagnetischen Anteilen, z. B. Eisenerze von der Gangart oder Wolframit von Pyrit und Quarz. Durch entsprechend angeordnete Magnete wird das magnetische Gut aus der Fließrichtung des unmagnetischen Gutes abgelenkt. Nach der verwendeten magnetischen Feldstärke unterscheidet man Schwachfeldscheidung für stark magnetisches Gut und Starkfeldscheidung für schwach magnetisches Gut. Für das Schwachfeldscheiden werden Trommel- und Bandscheider mit offenem Magnetssystem eingesetzt, für das Starkfeldscheiden vorwiegend Kreuzband-, Ring-, Bandring- und Walzenscheider mit geschlossenen Magnetsystemen.



Magnetscheiden: a Trommelscheider, b Kreuzbandscheider

Eisenabscheider sind Magnetscheider zum Aussondern von Fremdeisen aus einem Fördergut. Zum Beispiel können Umlenkrollen in Bandförderern als Abscheider zur Fremdeisenentfer-

nung aus dem Aufgabegut für Zerkleinerungs- oder Siebmaschinen ausgebildet sein.

Magnettonkamera, → Magnettonverfahren.

Magnettonträger, magnetisierbares Material zur Speicherung von Schallereignissen in der Rundfunk-, Fernseh- und Filmtechnik und Speichermedium für Informationen verschiedener Art bei der Datenverarbeitung und der Meß-, Steuer- und Regelungstechnik. M. werden in erster Linie bandförmig (Magnetband), aber auch in Form von Drähten, magnetisierbaren Fäden, Folien, Trommeln, Platten und Scheiben verwendet, letztere teilweise auch zur leichteren Versandmöglichkeit faltbar. Als **Magnetbänder** werden heute fast ausschließlich Schichtbänder verwendet mit einer Unterlage aus Acetylzellulose oder Polyester, auf die eine Schicht Eisen(III)-oxid $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ aufgetragen ist. Die Korngröße ist $< 1\mu\text{m}$. In letzter Zeit wird durch eine besondere Technologie der Oxidherstellung erreicht, daß sich die ursprünglich kubischen Kristalle des $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ zu nadelförmigen Teilchen ordnen, die bei Gebrauch einen höheren Informationsgehalt bei gleicher Bandlänge zulassen. M. als Bänder werden in den international standardisierten Breiten von 6,25 mm sowie perforiert als **Magnetfilm** von 16, 17,5 und 35 mm Breite hergestellt, für Fernseh- und sonstige Zwecke ist die Bandbreite im allgemeinen größer. Bei den anderen M.n ist der Aufbau, soweit das Material wie bei Stahldraht und -platten nicht selbst magnetisierbar ist, ähnlich.

Als M. kann man ebenfalls die Magnetton-Randspurfilme bezeichnen, obwohl bei diesen die Bildspeicherung auf photographischem Weg das Wesentliche ist. Bei derartigen Filmen in den Formaten 8 mm, 16 mm, 35 mm und 70 mm ist die magnetische Schicht in 1, 2, 4, 6 oder 7 voneinander unabhängigen Spuren zwischen der Filmkante und der Perforation sowie zwischen Perforation und Bildfeldern aufgetragen.

Magnettonverfahren, in der Film- und Fernsichttechnik ein Verfahren zur Aufzeichnung, Überspielung und Wiedergabe von Schallinformationen durch Magnetbandgerät, Magnettonkamera oder Magnetbandspieler. Als Aufzeichnungsträger dienen Magnetband oder Magnetfilm (→ Magnettonträger).

1) Beim **Magnetbandgerät** werden die aufzunehmenden akustischen Signale von einem Mikrofon in elektrische Stromschwankungen umgewandelt und diese über einen Aufnahmeverstärker der Wicklung des Aufzeichnungskopfes (früher Sprechkopf) im Magnetbandgerät zugeführt. Zwischen den Polen des Aufzeichnungskopfes (Magnetkopf) entsteht im Kopfspalt ein starkes Wechselfeld, durch das das vorbeilaufende Magnetband im Rhythmus der Stromschwankungen verschieden stark magnetisiert wird. Bei der Wiedergabe werden das Magnetband oder der Magnetfilm über den Wiedergabekopf (früher Hörkopf) geleitet, in dem dadurch eine Änderung der magnetischen Feldstärke hervorgerufen wird. Die in der Kopfwicklung induzierte Spannung wird über den Wiedergabeverstärker dem Lautsprecher zugeführt und dort in Schallschwingungen umgewandelt.

Eine Verbesserung der Aufzeichnungsqualität in bezug auf Frequenzgang, Frequenzumfang, Fremd- und Rauschspannungsabstand erreicht man durch Hochfrequenzvormagnetisierung. Der in einem Hochfrequenzgenerator erzeugte Strom (Frequenz 40 bis 120 kHz) wird der niederfrequenten Schallinformation im Aufzeichnungskopf überlagert. Der vor dem Aufzeichnungskopf befindliche Löschkopf löscht zwangsläufig vor jeder neuen Aufnahme die alten Aufzeichnungen durch ein vom Hochfrequenzvormagnetisierungsstrom erzeugtes Wechselfeld.

Bei Magnetbandgeräten unterscheidet man Studio- und Heimbandgeräte. **Studiobandgeräte** werden durch drei Elektromotoren angetrieben (Rückwickel-, Aufwickel- und Tonrollenantriebsmotor). Durch die mit einer Schwungmasse versehene Tonrolle erfolgt ein gleichmäßiger Bandtransport und -andruck an den Köpfen. Die Bandgeschwindigkeiten betragen 76,2; 45,6; 38,1 und 19,05 cm/s. Studiobandgeräte sind für Vollspur-, Stereo- und unabhängigen Zweispurbetrieb mit Pilottonaufzeichnung (→ Pilottonverfahren) ausgeführt. **Heimbandgeräte** werden durch einen einzigen Motor angetrieben, der über Gummiriemchen und/oder Reibräder Tonrolle und Bandwickelteller bewegt. Die Bandgeschwindigkeiten betragen 38,1; 19,05 und 9,5 cm/s. Heimbandgeräte sind für Voll-, Halb- und Viertelspurtaufzeichnung oder 2-Spur-Aufzeichnung mit Stereo-Aufzeichnungs- und Wiedergabekopf eingerichtet.

2) Die **Magnettonkamera** unterscheidet sich vom Magnetbandgerät durch die Verwendung von perforiertem Magnetfilm (16; 17,5 und 35 mm Breite). Der Antrieb erfolgt mittels eines Synchron-Drehstrommotors über ein geräuscharmes und schlupffreies Getriebe.

3) Der **Magnetbandspieler** ist eine Spezialausführung für Überspielungen von Magnettonbändern oder für synchrone Magnettonwiedergabe bei Filmprojektion oder Fernsehfilmabstimmung. Es erfolgt eine elektrisch-mechanische Zwangssynchronisierung des Magnetbandspielers mit dem Filmprojektor durch Interlocksystem, Rotosyn-Verfahren oder netzsynchronen Betrieb bzw. elektronisch durch das Pilottonverfahren.

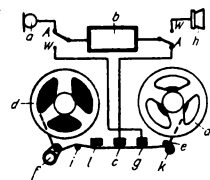
Das M. dient zur Schallaufzeichnung und -wiedergabe bei der Unterhaltungselektronik, darüber hinaus in großem Umfang zur Informationsspeicherung in der BMSR-, Satelliten- und Fernsichttechnik, in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft (z. B. Speicherung von Nachrichten und Steuerbefehlen, von Daten in elektronischen Rechenautomaten und Datenverarbeitungsanlagen, Video-Aufzeichnungen in der Fernsehtechnik).

Lit. Krones: Die magnetische Schallaufzeichnung in Theorie und Praxis (2. Aufl. Wien 1952); Altrichter: Das Magnetband (Berlin und Stuttgart 1958); Mittelstrass: Magnetbänder und Magnetfilme (Berlin 1965).

Magnetverstärker, ein auf rein magnetischer Grundlage beruhender → Verstärker. Der M. besteht aus einer Kombination von vormagnetisierbaren Drosselspulen (→ Transduktoren), Gleichrichtern und Widerständen.

Magnetwerkstoffe, Werkstoffe, die wegen ihrer besonderen magnetischen Eigenschaften als Bauelemente in elektrischen Geräten und Maschinen verwendet werden. Für ihre Kennzeichnung und Anwendung sind der Verlauf der Neukurve und Hysteresisschleife sowie die Anfangspermeabilität, die Maximalpermeabilität, die magnetische Sättigung, die Remanenz und die Koerzitivfeldstärke wichtig. Man unterscheidet zwischen hartmagnetischen Werkstoffen und weichmagnetischen Werkstoffen.

1) **Magnetisch harte Werkstoffe** sind durch eine große Koerzitivfeldstärke (meist über 300 A/cm), eine große Remanenz und einen hohen Energiewert $(B \cdot H)_{\text{max}}$ im Gebiet der Entmagnetisierungskurve gekennzeichnet (B = Induktion, H = Feldstärke). Sie werden als permanente oder Dauermagnete verwendet und dienen dazu, in Geräten und kleinen Motoren sowie Generatoren möglichst gleichbleibende magnetische Felder zu erzeugen. Die technisch wichtigsten hartmagnetischen Werkstoffe sind: a) durch Gefügeumwandlung gehärtete Werkstoffe, vor allem kohlenstoffhaltige, mit Chrom, Wolfram und Kobalt legierte Stähle; b) durch Ausschei-



Prinzip des Magnettonverfahrens. a Aufnahme-, b Aufnahme- und Wiedergabeverstärker, c Aufnahmemeßkopf (Sprechkopf), d Bandteller, e Tonachse, f Bandanzeige, g Wiedergabekopf (Hörkopf), h Lautsprecher, i Bandführungsbolzen, k Gummidruckrolle, l Löschkopf. Ist der Stromkreis bei A geschlossen, so ist das Gerät auf Aufnahme geschaltet; ist er bei W geschlossen, so ist das Gerät auf Wiedergabe geschaltet

ding gehärtete Legierungen, z. B. Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen (AlNi-Magnete) oder auch Eisen-Nickel-Kupfer-Legierungen; c) oxidkeramische hartmagnetische Ferrite für die Hochfrequenztechnik; d) M. für besondere Zwecke, deren Anwendung aber durch Rohstoffschwierigkeiten oder hohen Preis beschränkt ist. Dazu zählen Eisen-Kobalt- und Platin-Kobalt-Legierungen.

2) **Magnetisch weiche Werkstoffe** dienen in der Regel dazu, magnetische Kraftlinien zu verstärken. Sie sind durch kleine Koerzitivfeldstärken (meist unter 3 A/cm) gekennzeichnet. Man kann die magnetisch weichen Werkstoffe einteilen in Werkstoffe der Starkstromtechnik, Werkstoffe der Schwachstromtechnik, Werkstoffe für Relais und Werkstoffe für magnetische Speicher, Schalter und Verstärker. a) Werkstoffe der Starkstromtechnik sind vor allem kohlenstoffarme, mit Silizium legierte Stähle. In neuerer Zeit ist es gelungen, ihre magnetischen Eigenschaften durch Kornorientierung wesentlich zu verbessern (Texturbleche); b) Werkstoffe der Schwachstromtechnik sind Eisen-Silizium-Legierungen mit etwa 2,5 bis 4,5 % Si sowie Eisen-Nickel-Legierungen mit etwa 36 bis 40, 50 und 75 % Ni oder weichmagnetische Ferrite, vor allem Mangan-Zink- und Nickel-Zink-Ferrite; c) Werkstoffe für Relais sind Reineisen, Eisen-Silizium-Legierungen mit etwa 2,5 bis 4 % Si und Eisen-Nickel-Legierungen mit 36 bis 80 % Ni; d) Als Werkstoffe für magnetische Speicher, Schalter und Verstärker werden kristallorientierte Legierungen unterschiedlicher Zusammensetzung oder auch bestimmte Ferrite verwendet.

Lit. Reinboth: Technologie und Anwendung magnetischer Werkstoffe (2. Aufl. Berlin 1965).

Magnitude, eine dimensionslose Zahl zur Charakterisierung der Stärke von Erdbeben. Die M. wird aus dem Seismogramm bestimmt. Sie errechnet sich aus dem Quotienten der Bodenamplitude und der zugehörigen Periode der betreffenden Welle und einer Eichfunktion, die von der auf der Erdoberfläche gemessenen Entfernung abhängt und deren Werte aus dem Ansatz $M = 0$ resultieren. Dieser Ansatz ist mit einer Geschwindigkeit der Bodenverrückung am Registrierort verbunden, die der Grenze der Instrumentenempfindlichkeit entspricht. Das bisher größte instrumentell registrierte Erdbeben hat die M. 8,6 (→ Erdbeben, Tab.).

Magnon, ein Quasiteilchen in einem paramagnetischen Körper. Das M. entspricht dem → Ferromagnon in einem Ferromagnetikum.

Magnus-Effekt, die nach dem Chemiker und Physiker Magnus benannte Erscheinung, daß ein in einer Luftströmung mit der Zylinderachse senkrecht zur Strömung rotierender Zylinder eine Querkraft erfährt, die senkrecht auf der Luftstromrichtung und auf der Achse steht. Auf dem M.-E. beruht der Flettnerrotor (→ Windrad) für den Schiffsantrieb; er spielt ferner eine Rolle beim Tennis (geschnittene Bälle) und bei Geschossen mit Drall, wobei auch der M.-E. erstmalig von Magnus 1852 beobachtet wurde.

Mähbalken, → Mähwerk.

Mähbinder, Binder, Bindemäher, Garbenbinder, eine Erntebearbeitungsmaschine, die in einem Arbeitsgang Getreide und andere Früchte mäht, bindet und in Garben ablegt. Man unterscheidet **Gespann-** und **Zapfwellenmähbinder**. Der Antrieb erfolgt beim Gespannmähbinder durch die Laufräder (Bodenantrieb), beim Zapfwellenmähbinder durch die Zapfwelle des Traktors. Die Arbeitsweise ist bei beiden Formen im Prinzip die gleiche. Die Halme werden von einer rotierenden Haspel gegen ein rechts oder links am M. angebrachtes → Mähwerk gedrückt, von diesem geschnitten, mittels Fördertüchern (Plattformtuch und Elevatortücher) zum Bindetisch transportiert und dort

in der Bindevorrichtung (Knüpfer und Nadel) gebunden. Die gebundene Garbe fällt auf die Stoppel. Beim zapfwellengetriebenen **Eintuchmähbinder** (**Flachbinder**) werden die Halme vom Plattformtuch dem Bindeapparat direkt zugeleitet. Zum Mähen von Lagergetreide versteht man M. mit Ährenheber und Halmteiler. Mit dem aus gebogenen Stahlstäben bestehenden Garbenträger können 4 bis 6 Garben gesammelt und gemeinsam abgelegt werden, was das spätere Garbenaufstellen erleichtert.

Mähdrescher (Tafel 36), eine Vollerntemaschine für Getreide und andere dreschbare Früchte mit den Arbeitselementen von Mähmaschine und Dreschmaschine. Man unterscheidet **selbstfahrende M.**, bei denen Triebäder und Arbeitsorgane durch einen eingebauten Verbrennungsmotor angetrieben werden, und **traktorgezogene M.**, deren Arbeitsorgane durch einen Aufbaumotor oder über eine Zapfwelle durch den Traktormotor angetrieben werden. Beim **Mähdrusch** werden die Halme von einer rotierenden Haspel gegen das → Mähwerk gedrückt, von diesem geschnitten und zur Dreschvorrichtung befördert, in der die Körner ausgedroschen werden (→ Dreschmaschine). Auf schwingenden Sieben, die unter der Einwirkung des Luftstromes eines Gebläses stehen, werden Spreu und sonstige Beimengungen abgeführt. Die gereinigten Körner werden in einen Bunker befördert oder in Säcke abgefüllt. Das ausgedroschene Langstroh wird auf einem Strohschüttler ausgeschüttet, um noch darin befindliche Körner zurückzugewinnen. Anschließend wird es — in angebauten Vorrichtungen gepreßt und gebunden oder gehäckselt — auf das Feld oder in einen Wagen abgelegt. Die im M. anfallende Spreu wird auf das Feld oder in einen angehängten Wagen geblasen oder in Spreusäcken gesammelt. Nach der Art des Durchflusses des Erntegutes durch die Maschine unterscheidet man **Längsfluß-**, **Querfluß-**, **Quer-Längsfluß-** und **T-Fluß-Mähdrescher**. Beim **Längsfluß-Mähdrescher** wandern die abgeschnittenen und auf das Förderband abgelegten Halme mit den Ähren nach vorn durch die Maschine. Beim **Querfluß-Mähdrescher** liegt die Transportrichtung der gemähten Halme quer zur Fahrtrichtung des M.s. Beim **Quer-Längsfluß-Mähdrescher** wird das vom Mähwerk ankommende Erntegut im Querfluß mit der Schlagleisten-Breitdreschtrömmel ausgedroschen und auf den Schütter geworfen, der es im Längsfluß aus der Maschine fördert. Beim **T-Fluß-Mähdrescher** werden die geschnittenen Halme quer zur Fahrtrichtung auf ein zweites Förderband transportiert und laufen nun längs der Fahrtrichtung durch die Maschine.

Selbstfahrende M. werden nur als Längsfluß-Mähdrescher hergestellt.

Zum Mähen von Lagergetreide wird der M. mit Ährenheber und Halmteiler versehen. — Beim **Schwaddrusch** nimmt der M. in Schwaden liegendes, getrocknetes Erntegut mit einer Aufnahmetrommel auf, beim **Hockendrusch** fährt er von Hocke zu Hocke und drischt dort das von Hand eingelegte Erntegut, beim **Standdrusch** arbeitet der M. als gewöhnliche Dreschmaschine im Stand.

Lit. Isakson: Die Reparatur des selbstfahrenden M.s S-4 (Berlin 1954); Portnow: Der selbstfahrende M. S-4 (Berlin 1953).

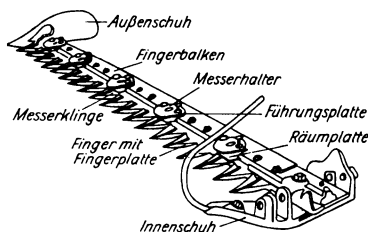
Mähhäcksler, → Feldhäcksler.

Mählander, eine traktorgezogene, zapfwellengetriebene Erntebearbeitungsmaschine, die Futterpflanzen mäht und auf einen Wagen befördert. Der M. ist mit Mähwerk, Haspel und Fördereinrichtung (z. B. Förderbändern) versehen. Nach Abnehmen des Mähwerks kann mittels einer Aufnehmetrommel Erntegut (z. B. Heu) aus dem Schwad aufgenommen werden.

Mahlgang, eine Maschine zum Zerreiben von Getreidekörnern, Farben, Gips u. a. mittels zweier runder scheibenförmiger, geriffelter **Mahlsteine** (Sandstein, Basalt, Karborundum). Meist wird der obere angetrieben (Läuferstein), und der untere ist fest gelagert (Bodenstein). Durch ein Loch in der Mitte des oberen Steins fällt das Mahlgut zwischen die Steine. Der M. gehört zu den ältesten Zerkleinerungsmaschinen und hat einen sehr schlechten Wirkungsgrad.

Mähmaschinen, zusammenfassende Bezeichnung für Maschinen zum Abernten von Gras, Getreide u. a. Feldfrüchten. Zur Gruppe der M. gehören → Mähdrescher, → Mähbinder, → Schwadmäher, Ableger, Mähhäcksler. (→ Feldhäcksler), → Grasmäher, → Mähader.

Mähwerk, Schneidwerk, der Teil von → Mähmaschinen, der das Erntegut in einstellbarer Höhe abschneidet. An einem Balken, dem **Mähbalken** (**Fingerbalken**, **Schnittbalken**) sind Finger angeordnet. Zwischen den auf ihnen angebrachten, mit seitlicher Schneidkante versehenen **Fingerplatten** und den auf dem Fingerbalken angeschraubten **Messerhaltern** mit **Führungsplatten** bewegt sich das Messer hin und her. Es besteht aus **Messerkopf**, **Messerrücken** und aufgenieteten trapezförmigen **Messerklingen**. Die Finger teilen die Halme in einzelne Büschel, die durch die Bewegung des Messers zwischen Fingerplattenkante und Messerklingenscheide eingeklemmt und geschnitten werden. Die Mindestschnitthöhe hängt vom Fingerabstand ab. Nach



Mähbalken mit Einzelteilen des Mähwerks

dem Fingerabstand unterscheidet man Hoch-, Tief- und Mittelschnittbalken. Der **Hochschnittbalken** (**Normalschnittbalken**) mit einem Fingerabstand von 76,2 mm hinterläßt eine verhältnismäßig hohe Stoppel. Der **Tiefschnittbalken** hat schmale Finger mit einem Abstand von 38,1 mm und läßt eine kurze Stoppel zurück. Der **Mittelschnittbalken** mit einem Fingerabstand von 50,8 mm ist ein Universalbalken. Der Abstand von Klingenmitte zu Klingenmitte beträgt bei allen M. 76,2 mm. Das M. wird bei **Anbaumähbalken** von zwei am Boden gleitenden **Schuhen** getragen. Der äußere Schuh trägt das **Schwadbrett** mit dem **Schwadstock**; diese schieben den Schwad zusammen und machen hierdurch die Spur für die nächste Runde frei. Das M. kann auch vorn, hinten oder zwischen den Achsen an einen Traktor angebaut werden (**Anbaumähwerk**). Der Antrieb erfolgt vom Traktormotor, zum Heben und Senken dient ein Kraftheber. Werden mehrere M. an einen Traktor angebaut, so spricht man von einem **Großflächenmähwerk**.

Maische, 1) in der Brauerei das mit Wasser verührte zerkleinerte („geschrotene“) Darmalz.

2) in der Spiritusbrennerei die Mischung aus gedämpftem stärkehaltigem Rohstoff mit gequetschtem Grünmalz und Wasser.

3) in der Weinkelterei die zerdrückte Traubenmasse.

Maisvollerntemaschine, **Maiskombine**, eine Erntebearbeitungsmaschine für Mais, die in einem Arbeitsgang die Stengel mäh und häckselt, die Kolben abreißt und sie teilweise entliescht. Es

gibt traktorgezogene M. n mit Zapfwellenantrieb und selbstfahrende M. n mit Eigenantrieb.

Majolika, verfeinerte keramische Erzeugnisse (Irdenwaren) mit porösem, nicht durchscheinendem, meist reinfarbigem oder durch Engoben veredelter Scherben. Als Ausgangsmaterial für den Scherben dienen vorzugsweise reinfarbig brennende, zuweilen kalziumkarbonathaltige Tone. Durch Anwendung verschiedenfarbiger Bleiglasuren, die manchmal durch Zinndioxid getrübt sind (Übergang zur Fayence) und bei etwa 900 °C auf den etwas höher gebrannten Scherben aufgebracht werden, ist M. besonders reich und vielseitig dekoriert.

MAK, → Luftverunreinigung.

Makadam, → Straße.

Mäkler, **Läuferrute**, die vordere Führungsschiene am senkrecht stehenden Teil eines Rammgerüsts (→ Ramme), an dem der Bär oder der Rammhammer nach unten gleitet. Der M. besteht im einfachsten Fall aus einem I-Stahl oder einem Breitflanschträger. Bei Verwendung von Diesel- und Vibrationsbären (→ Ramme) verzichtet man neuerdings auf Rammgerüste und setzt am Kran hängende **Hängemäklär** oder auf dem Pfahl bzw. der Spundwand sitzende **Aufsteckmäklär** ein.

Mako, Bezeichnung für verschiedene hochwertige oberägyptische Baumwollsorten, deren feine Faser einen seidenähnlichen Glanz und einen charakteristischen gelben bis gelbbraunen Farbton hat. M. wird vielfach ungebleicht zu Unterwäsche verarbeitet.

Makrolide, eine Gruppe Antibiotika, die Stoffwechselprodukte von Streptomyces-Arten sind. Zu den M. n gehört z. B. **Erythromycin**, das in seiner antibiotischen Wirksamkeit Ähnlichkeit mit Penizillin hat und auch gegen penizillinresistente Stämme eingesetzt wird.

Makromoleküle, Moleküle, die aus vielen (bis zu mehreren tausend) Grundmolekülen (Monomeren) bestehen und ein Molekulargewicht von mehr als 10 000 haben. Man bezeichnet sie deshalb auch vielfach als **Hochpolymere** (→ Polymere) oder **Hochmolekulare**. Die Grundmoleküle können in Fadenform aneinandergereiht sein und unverzweigt als **Fadenmoleküle** oder mit Seitenketten versehen als **verzweigte Moleküle** vorliegen oder sich zur Kugelform zusammenballen (**korpuläre** oder **sphärische Moleküle**). Da die Fadenmoleküle mehr oder weniger biegsam sind, bilden sie oft ein Knäuel (**Knäuelmolekül**). Bei **vernetzten Molekülen** sind die einzelnen Ketten durch Molekülbrücken in einer Ebene oder räumlich miteinander verknüpft. In der organischen Natur sind M. weit verbreitet, vor allem als Zellulose (d. i. pflanzliche Stützsubstanz), Eiweiß (z. B. Protein der Muskeln), Stärke, Kautschuk, jedoch auch in Stoffen anorganischen Aufbaus. z. B. in Silikaten und manchen Kieselsäureestern. In der Plastchemie werden ähnliche Produkte durch Polymerisation, Polykondensation oder Polyaddition synthetisch dargestellt. Der Zusammenhalt der M. ist durch verschiedenartige chemische Bindungen bedingt, über die man teilweise noch keine hinreichenden Angaben machen kann.

Lit. Houben-Weyl: Methoden der organischen Chemie Bd 14/1 (Stuttgart 1961–63); Houwink: Grundriß der Technologie der synthetischen Hochmolekularen (Leipzig 1952); Lossew u. Fedotowa: Praktikum der Chemie hochmolekularer Verbindungen (dtsh Leipzig 1962); Philipp: Grundlagen der makromolekularen Chemie (Berlin 1964); Stuart: Die Physik der Hochpolymeren (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1952); Strepichejew u. Derewitzkaja: Grundlagen der Chemie hochmolekularer Verbindungen (dtsh Leipzig 1965).

Makron, **Metron**, **Astron**, **Sirimometer**, **Sternweite**, nicht gesetzliche Einheit der Astronomie zur Angabe von Entfernungen im Bereich der

Makronährstoffe

Fixsterne. 1 Makron = 10^6 AE (astronomische Einheiten) = $1,495 \cdot 10^{14}$ km.

Makronährstoffe, chemische Elemente, die im Unterschied zu den Mikronährstoffen (\rightarrow Spurenelemente) von den Pflanzen in verhältnismäßig großen Mengen benötigt werden. M. sind Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium, ferner z. B. Magnesium, Eisen (oft auch zu den Mikronährstoffen gerechnet) und Schwefel.

Makrophysik, der Teil der Physik, der sich mit den mehr oder weniger groben, unmittelbar wahrnehmbaren (makroskopischen) Körpern befaßt. Gegensatz: \rightarrow Mikrophysik.

Maksutow-System, ein \rightarrow Spiegelsystem.

Malachit, ein Mineral, häufiges Kupfererz, $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2]\text{CO}_3$, monoklin, grün, Härte nach Mohs 3,5 bis 4, D. $\approx 3,75 \text{ g cm}^{-3}$; gewöhnlich als Gelbbildung, nierig-traubig mit radialfaserigem Aufbau, achatähnlich gebändert. M. zeigt als Ausblühung, Überzug oder Imprägnation Kupfergehalte an und findet sich ausschließlich in Oxydationszonen von Kupfersulfidlagerstätten in Paragenese mit Azurit. M. wird z. B. im Kunstgewerbe und als Schmuckstein verarbeitet, ferner dient er zur Herstellung grüner Farben.

Malachitgrün, ein basischer, blaugrüner Triphenylmethanfarbstoff. Technisch gewinnt man M. aus Dimethylanilin, Benzaldehyd und Salzsäure. M. wird vor allem zum Bedrucken von Seide und Baumwolle, ferner zum Färben von Leder, Papier und von histologischen Schnitten, in der Lackindustrie und als Indikator verwendet.

Malakon, eine Varietät des \rightarrow Zirkons.

Maleinatharze, eine Form der \rightarrow Alkydharze.

Maleinsäure, die einfachste ungesättigte Dikarbonsäure. Die M. und die **Fumarsäure** zeigen cis-trans-Isomerie (\rightarrow Stereochemie); vgl. Formeln. Beide Säuren bilden prismenförmige Kristalle (F. der M. $130,5^\circ\text{C}$; F. der Fumarsäure 287°C). Bei Erhitzen auf 135°C geht M. in die Fumarsäure über. In der Natur kommt nur die Fumarsäure vor, z. B. im Isländischen Moos, in Pilzen und Flechten. Technisch gewinnt man M. durch katalytische Oxydation von Benzol mit Luftsaauerstoff über Maleinsäureanhydrid. Fumarsäure erhält man durch Kochen von M. mit Salzsäure. Beide Säuren werden wie Maleinsäureanhydrid zur Herstellung von Harzen auf Polyesterbasis und von Lackrohstoffen verwendet. Maleinsäureanhydrid dient ferner als Zusatz zu trocknenden Ölen, deren Trockenzeit es verkürzt.

Malimo [nach dem Erfinder Mauersberger, dessen Wohnort Limbach und der Stoffart Molton], ein textiler Stoff mit Gewebecharakter. Er wird auf der von Mauersberger erfundenen Fadenlagen-Nähwirkmaschine (ebensofalls als M. bezeichnet) hergestellt. Vom hin- und hergehenden Fadenleger wird eine z. B. 100 mm breite Schußfadenschar in Einhängenadeln auf zwei parallelen Rollenketten eingehängt, die auf die Nähwerkzeuge zulaufen. Die von oben kommenden Kettfäden werden mit den Schußfadenlagen zusammengeführt und mit Nähfäden übernäht. Hierfür dienen Nadeln mit einseitig offenem Ohr, das mit einem Schließdraht (Schiebernadeln) geschlossen werden kann. Ist der zu übernehmende Stoff von den offenen Schiebernadeln durchstochen, wird der Nähfaden von einer als Fadenführer dienenden Lochnadel in das offene Ohr der Schiebernadel eingelegt. Dann wird das Nadelöhr vom Schließdraht geschlossen, und die Nadel nimmt den Nähfaden mit durch den Stoff hindurch. Zahlreiche Schiebernadeln sind über die ganze Stoffbreite angeordnet. Sie bilden parallele einfache Kettenstichnähte (Fransenbindung der Kettenwirkerei) oder verriegelte Kettenstichnähte (Trikotbindung; der Nähfaden wird abwechselnd über zwei benachbarte Schiebernadeln gelegt). Auf der M. werden

drei Fadensysteme verarbeitet, die von auf Gattern befindlichen Spulen abgezogen werden. Bei breiten Maschinen (bis 1600 mm Arbeitsbreite) befinden sich die Näh- und Kettfäden auf Kettbäumen.

Die M.-Wirkmaschine ist wegen der hohen Leistung von stündlich über 100 m Stoff bes. geeignet zum Herstellen von Massenartikeln. Die gewebeartigen, weichen Stoffe haben geringe Knitterneigung und gutes Wärmehaltevermögen. Sie eignen sich für saugfähige Hand-, Staub-, Polier- und Spültücher, für Strand- und Campingbekleidung, als Kleider-, Kostüm- und Mantelstoff, aber auch Säcke für landwirtschaftliche Produkte werden daraus hergestellt. Gerauhert wird M. als Futterstoff für Schuhe, als Decken und Bettlaken (Molton) verwendet.

Nach verwandten Textiltechnologien werden Maliwatt und Malipol hergestellt. Bei **Maliwatt** wird auf einer Vlies-Nähwirkmaschine (ebensofalls als Maliwatt bezeichnet) ein Vlies an Stelle der Kett- und Schußfäden mit parallelen Nähten versehen. Das Erzeugnis wird als **Steppwatine**, schwere Qualitäten werden als **Steppwatte** bezeichnet. Es kommen alle Faserarten in Betracht, aus denen sich Vliese bilden lassen; Steppwatte wird auch aus Glas- oder Asbestfasern angefertigt. Auf Grund der guten Wärme- und Schalldämmung werden die erzeugten weichen Stoffe unter anderem als Zwischenfutter in Oberbekleidung, als schalldämmende Unterlage, zum Verpacken und als Schutzhüllen für empfindliche Geräte verwendet.

Bei **Malipol** werden mit der Polnappen-Nähwirkmaschine (kurz ebenfalls als Malipol bezeichnet) Polnappen in Stoff eingnäht. Beim Einnähen von Wollfäden erhält man einen wärmehaltenden Wollfäusch für Damenmäntel (**Welvara**). Werden in Baumwollgewebe Baumwollfäden eingnäht, entsteht ein einseitiger Frottierstoff, aus dem Bademäntel hergestellt werden können. Andere Malipol-Erzeugnisse sind Fußbodenbelag mit Plüschcharakter und Schlafdecken, durch Aufschneiden der Noppen entstehen Futterstoffe mit Webpelzcharakter für Winterbekleidung.

Lit. Kempter: M., Maliwatt, Malipol (Leipzig 1961); Mauersberger u. Kempter: M. (Berlin 1961); Neue Textiltechnologien. Maliwatt, Skelan, Verbasyn (Leipzig 1962).

Malipol, \rightarrow Malimo.

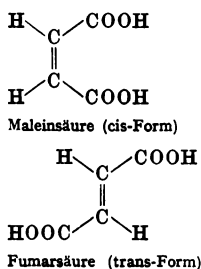
Maliwatt, \rightarrow Malimo.

Malung, in der Meteorologie das dauernde Umspringen schwacher Winde. In der Seemannssprache bezeichnet man mit M. die Zonen mit stetiger Windstille oder schwachen wechselnden Winden, die Kalmen und die Roßbreiten.

Malin, \rightarrow Jura.

Malonsäure, $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$, eine Dikarbonsäure. M. bildet farblose Kristalle (F. $135,6^\circ\text{C}$ unter Zersetzung). Beim Erhitzen über den Schmelzpunkt spaltet M. Kohlendioxid ab (Dekarboxylierung) und geht in Essigsäure über. Die Salze und Ester der M. heißen **Malonate**. Ihr Kaliumsalz ist im Saft der Zuckerrübe enthalten. Synthetisch gewinnt man M. durch Umsetzung von Monochlorsäure mit Kaliumcyanid und nachfolgende Verseifung. Verwendet wird sie zur Herstellung des Malonsäurediäthylesters, der Ausgangsstoff vieler organischer Synthesen ist (**Malonestersynthesen**), z. B. der Synthese von Aminosäuren und Karbonsäuren. **Maltase**, ein zu den glykosidspaltenden Hydrolasen gehörendes Ferment. Die M. spaltet die durch α -Amylasenabbau aus Polysacchariden entstandene Maltose (Malzzucker) in zwei Moleküle Glukose (Traubenzucker). Auch Saccharose (Rohrzucker) wird von der M. zerlegt.

Malteserkreuzgetriebe, ein Schaltwerk zur Umwandlung einer stetigen Drehbewegung des



Antriebes in eine durch Rasten (Ruhestellungen) periodisch unterbrochene Abtriebsbewegung (aussetzende Bewegung). Die Verteilung von Bewegung und Stillstand ist nur in sehr kleinen Grenzen frei wählbar. Das M. hat drei Glieder (Abb.): den **Treiber** mit Triebstock und Sperrscheibe, das **Kreuz** (Schaltstück) mit Nuten und Sperrschuhen und das **Gestell**. Durch den Treiber (Schaltzahn) am umlaufenden Schaltglied wird das Schaltstück ungleichförmig und schrittweise während der Schaltperiode bewegt. Dabei greift der Triebstock in die Nut ein. In der Rastperiode liegt die Sperrscheibe an einem der Sperrschuhe an. Die Schaltwinkel (mindestens 3), um die das Kreuz weitergeschaltet wird, sind normalerweise gleich groß.

M. werden bei Filmvorführgeräten zum schrittweisen Transport des Filmes, als Antrieb der Rundtische von Pressen, von Prismen an Webmaschinen u. v. m. verwendet.

Dem M. ähnlich ist das → Sternradgetriebe. **Maltose**, **Malzzucker**, $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$, ein aus zwei Molekülen D-Glukose aufgebautes Disaccharid. M. kristallisiert als Monohydrat (F. 103 °C), ist süßschmeckend (1/3 der Süßkraft von Saccharose), rechtsdrehend und wird durch Hefe vergoren. Durch bestimmte Fermente (z. B. Maltase), die in Hefe, Malz und Verdauungssäften enthalten sind, oder durch Säurehydrolyse wird M. in D-Glukose zerlegt. Man gewinnt M. durch enzymatischen Abbau von Stärke (80 % Ausbeute). In der Natur findet sich M. häufig da, wo Stärkeabbau erfolgt (z. B. in Blättern, Gersten- und Kartoffelkeimen). Auch ist M. im Malzextrakt, in Bier- und Branntweinmische enthalten. In der Säuglingsernährung wird sie als Mittel gegen Darmstörungen verwandt.

Malzzucker, svw. → Maltose.

Mamaimethode, eine von dem sowjetischen Bergmann Nikolai Jakowlewitsch Mamai begründete Wettbewerbsbewegung. Sie ist darauf gerichtet, eine tägliche Überbietung der Schichtnorm an jedem Arbeitsplatz zu erreichen.

Mammatus m., eine Wolkenform, → Wolken.

mamu, Kurz. für Millium, → atomare Masseinheit 2).

Mandelsäure, **Phenylglykolsäure**, $C_6H_5-CHOH-COOH$, eine Hydroxysäure. Als optisch inaktive **DL-(para-)Mandelsäure** (F. 121 °C) erhält man sie durch Verseifung des Mandelsäurenitrils, das sich aus Benzaldehyd und Blausäure bildet. Die **D(-)-Mandelsäure** (F. 133 °C) entsteht bei der Säurehydrolyse von Amygdalin, die **L(-)-Mandelsäure** (F. 133 °C) aus dem in Holunderbeerblättern vorkommenden Glukosid Sambunigrin. Von medizinischer Bedeutung sind die Salze (als Harnwegantiseptika) und Ester (als krampflösende Mittel bei Gallenblasen- und Darmkoliken) der M., die **Mandolate**.

Mandelstein, ein Ergußgestein mit blasenförmigen Hohlräumen, die nachträglich ganz oder teilweise mit Mineralen, wie Quarz, Achat, Chlorit, Kalzit u. a. ausgefüllt sind. Die Mandelfüllungen gehören zu den Sekretionen.

Mangan, Symbol Mn, chemisches Element aus der VII. Nebengruppe des Periodensystems, Reinelement, Schwermetall; Ordnungszahl 25, Atomgewicht 54,9380 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist II, IV, VII, auch I, III, V, VI, D. 7,2 g cm $^{-3}$, F. 1221 °C, Kp. 2152 °C; 1774 von Bergmann, Scheele und Gahn erstmalig dargestellt. M. ist in reinem Zustand silberweiß, bei Kohlenstoffgehalt stahlgrau; oft rötlich schimmernd. Es ist sehr hart, spröde und löst sich leicht in verdünnten Säuren. In der Natur findet sich M. weit verbreitet, jedoch nie in größeren Mengen. Es kommt nur gebunden vor, häufig als Nebenbestandteil in Eisen- und Zinkernen und in Kalziummineralen. Wichtige Manganerze sind Braunstein, Braunit, Hausmannit, Rhodochrosit

und Manganit. Reines M. wird meist nach dem aluminothermischen Verfahren gewonnen. M. wird nur zu Legierungen (→ Bronzen, → Ferrolegierungen, → Heuslersche Legierungen, → Manganin) und zur Desoxydation des Stahls verwendet. **Manganstähle** (mit 6 bis 15 % M.) sind sehr verschleißfest.

Manganverbindungen. Manganoxide: **Mangan(II)-oxid**, MnO , grüngaue Kristalle, kommt in der Natur als Manganosit vor; **Mangan(II, IV)-oxid**, Mn_2O_4 , rote Kristalle, kommt in der Natur als Hausmannit vor; **Mangan(III)-oxid**, Mn_2O_3 , schwarzes, amorphes Pulver, findet sich in der Natur als Braunit; **Mangan(IV)-oxid** (**Mangandioxid**), MnO_2 , grauschwarzes, kristallines Pulver, kommt in der Natur als Braunstein vor, verwendet zur labormäßigen Darstellung von Chlor, als Depolarisator bei galvanischen Elementen, als Glasur bei Töpferwaren, als Pigment unter dem Namen **Manganschwartz** und in der Pyrotechnik; **Mangan(VII)-oxid** (**Manganheptoxid**), Mn_2O_7 , grünlichbraun schimmernde Flüssigkeit. Mangansäuren: **Mangan(IV)-säure** (früher **manganige Säure**), H_2MnO_3 , braunschwarzes, amorphes Pulver, ihre Salze sind die **Manganate(IV)**; **Mangan(V)-säure**, H_3MnO_4 und **Mangan(VI)-säure**, H_2MnO_4 , zwei hypothetische Mangansäuren, die den **Manganaten(V)** und den **Manganaten(VI)** zugrunde liegen; **Mangan(VII)-säure** (**Permangansäure**, **Übermangansäure**), $HMnO_4$, eine nur in wäßriger Lösung bekannte, oxydierend wirkende, sehr starke Säure, ihre Salze sind die **Manganate(VII)** (**Permanganate**), z. B. Kaliumpermanganat (→ Kalium). **Mangan(II)-karbonat**, $MnCO_3$, himbeerrote oder weiße Kristalle, in der Natur als Rhodochrosit, dient als Malerfarbe unter der Bezeichnung **Manganweiß**; **Mangan(II)-sulfat**, $MnSO_4$, weiße Kristalle, verwendet in der Zeugfärberei; **Mangan(IV)-sulfat**, $Mn(SO_4)_2$, schwarze Kristalle, verwendet in der Technik als Oxydationsmittel.

Lit. Springer: Die elektrolytische Abscheidung des M.s (Leipzig 1951).

Manganin, eine Kupfer-Mangan-Legierung mit 82 bis 84 % Kupfer, 12 bis 15 % Mangan und 2 bis 4 % Nickel, deren elektrischer Widerstand fast unabhängig von der Temperatur ist. M. wird eingesetzt für Präzisionswiderstände in elektrischen Meßinstrumenten.

Manganit, ein Mineral, $MnO(OH)$; monoklin, säulig bis nadelig, bildet häufig strahlige, radial geordnete Aggregate, braunschwarz, Härte nach Mohs 4, D. 4,3 bis 4,4 g cm $^{-3}$. M. findet sich selten als frisches, unverwittertes Mineral; häufig ist er teilweise oder ganz in Pyrolusit und Psilomelan übergegangen.

Manganometrie, → Oxydimetrie.

Manganspat, svw. → Rhodochrosit.

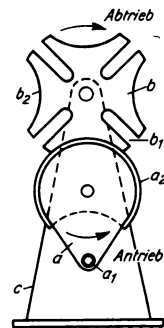
Mangel, ein → Kalandar.

Mangelleitung, → Halbleiter.

Manifer, Handelsname für eine Gruppe weichmagnetischer Sinterwerkstoffe auf oxidischer Grundlage (Ferrite, wie Manganzink- und Nickelzinkferrite). M. weist eine geringe elektrische Leitfähigkeit und nur geringe Wirbelstromverluste auf und eignet sich vor allem als Magnetwerkstoff für die Hochfrequenz- und Schwachstromtechnik, d. h. für die Fernmelde-, insbesondere die Trägerfrequenz- und die Fernsehtechnik.

Maniperm, Handelsname für einen oxidkeramischen Werkstoff auf der Basis von Bariumferrit $BaO \cdot 6 Fe_2O_3$. M. ist durch geringe reversible Permeabilität, hohe spezifische elektrische Widerstände sowie vernachlässigbar kleine Wirbelstromverluste gekennzeichnet und wird als dauermagnetischer Werkstoff für Lautsprecher, Meßgeräte, Relais und Kleinmotoren verwendet.

Manipulator (Tafel 45), eine Vorrichtung, mit deren Hilfe man mechanische Arbeiten an außerhalb der normalen Reichweite liegenden Gegen-



Malteserkreuzgetriebe mit 4 Stationen (Schlitzen). a Treiber mit Triebstock a_1 und Sperrscheibe a_2 (Antriebsglied), b Malteserkreuz mit Nuten (Schlitzen) b_1 und Sperrschuhen b_2 (Abtriebsglied), c Gestell

ständen ausführen kann. M.en dienen insbesondere in der Kerntechnik dazu, aus sicherer Entfernung oder durch Schutzwände hindurch oder über sie hinweg radioaktive Substanzen zu handhaben. Sie sind im einfachsten Fall Zangen mit langen Griffen oder aber komplizierte Mechanismen, die über Gestänge und Hebel die Bewegungen der Hand übertragen. Es gibt auch elektrisch oder elektromagnetisch gesteuerte M.en. Die Beobachtung erfolgt dabei z. B. durch dicke Bleiglasfenster oder in einem Spiegel, der über der Strahlenschutzwand angeordnet ist. M.en werden auch in der Hochvakuumtechnik verwendet. Sie ermöglichen es, einfache Operationen im Hochvakuum von außen her auszuführen. Die Steuerung der M.en erfolgt auch hier mechanisch, elektrisch oder elektromagnetisch.

Mannigfaltigkeit, in der Mathematik eine Punktmenge im Raum; die Verallgemeinerung der Begriffe Kurve (eindimensional) und Fläche (zweidimensional) auf beliebige Dimension. Eine M. wird definiert durch Gleichungen zwischen den Koordinaten ihrer Punkte oder durch Parameterdarstellung. Die Anzahl der zur Darstellung notwendigen Parameter ist die Dimension der M.

Mannit, $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}$, ein sechswertiger Alkohol (Hexit), der sich von der Mannose ableitet. M. bildet süß schmeckende Nadeln (F. 166 °C). Die D-Form ist in der Natur weit verbreitet, sie kommt vor im Manna, dem Ausscheidungsprodukt der Mannaesche, im Sellerie, in Pilzen, Oliven u. a. M. gelangt auch durch Gärungsvorgänge von Zuckerarten in den Harn.

D-Mannose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, eine Aldohehexose (→ Kohlenhydrate). Sie bildet rhombische Prismen (F. 133 °C), kommt vereinzelt frei vor, z. B. in Apfelsinenschalen; weit verbreitet ist sie als Baustein von Polysacchariden, aus denen sie auch durch Hydrolyse gewonnen werden kann.

Manometer, ein Gerät zum Messen des Druckes von Gasen und Flüssigkeiten. Für sehr genaue Messungen ist am gebräuchlichsten das **Flüssigkeitsmanometer**. Es besteht aus einem U-Rohr, das eine Flüssigkeit, z. B. Wasser, Alkohol, Quecksilber, enthält. Durch den Druck wird die Flüssigkeit in dem einen Schenkel gehoben; der Höhenunterschied ist ein Maß für den Druck. Für besonders niedrige Drücke wird ein **Mikromanometer** mit Alkoholfüllung verwendet; die Ablesegenauigkeit wird hier durch Schrägstellung des Rohres erhöht. Zur Messung höherer Gasdrücke dienen **Gasmanometer**, d. s. Flüssigkeitsmanometer mit einem geschlossenen, gasgefüllten Schenkel. Der Druck ist hier nicht direkt dem Ausschlag der Meßflüssigkeit proportional, sondern die Abhängigkeit ergibt sich als Summe einer linearen und einer hyperbolischen Funktion. Beim **Kolbenmanometer** wirkt der Druck auf einen Kolben und wird gemessen durch Kompensation des entstehenden Hubes mittels Gewichtsbelastung, aus der der Druck bei bekanntem Kolbenquerschnitt folgt. **Metallmanometer** sind das Membran- und das Röhrenfedermanometer. Beim **Membranfeder- (Plattenfeder-) Manometer** wird durch den zu messenden Druck eine federnde Metallplatte (Membran), beim **Röhrenfedermanometer** ein gebogenes Metallrohr mit ellipsenförmigem Querschnitt (Bourdonfeder) durchgebogen und die Bewegung auf einen Zeiger vor geeichter Skala übertragen. Für sehr hohe Drücke (bis 10000 at) benutzt man **elektrische Widerstandsmanometer**, in denen sich der Widerstand eines Manganindrahtes unter Druck ändert; zur Registrierung schnell wechselnder Drücke, z. B. in Kolbenmotoren, werden **Piez Quarze** (→ Piezoelektrizität) benutzt (**Kristallmanometer**).

Mantel, in der Geometrie der gekrümmte Teil der Oberfläche von Kegel, Zylinder und Kegeltstumpf; allgemein: jeder gekrümmte, aber in eine

Ebene abwickelbare Teil der Oberfläche von Körpern. **Mantellinie**, → Kegel, → Zylinder.

Mantisse, → Logarithmus.

Marienglas, eine Varietät des → Gipses.

marin, svw. dem Meer zugehörig, aus dem Meere stammend.

Markasit, → Pyrit.

Markierung, → Tracer.

Markierungsfeuer, ein Funkfeuer, → Funkortung, → Anflug- und Landesysteme.

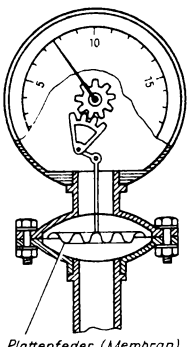
Markscheidekunde, die Lehre von den ober- und unterirdischen Vermessungen und deren Berechnungen und bildlicher Darstellung in Plänen und Rissen für Zwecke des Bergbaues. Soweit die Messungsarbeiten über Tage erfolgen, gehören sie in das Gebiet der Vermessungskunde. Für untertägige Vermessungen werden Geräte und Verfahren benutzt, die sich stark von denen der übertägigen Messungen unterscheiden. Die M. befaßt sich unter anderem mit folgenden Aufgaben: Aufnahme des übertägigen Grubengeländes nach Lage und Höhe, Anlage und Fortführung eines untertägigen Grubenfestpunktnetzes und Verbindung desselben mit den übertägigen Festpunkten durch spezielle Messungsverfahren, Höhenübertragungen von der Erdoberfläche bis hinab zur tiefsten Abbausohle, untertägige Kleinaufnahmen zur genauen Darstellung des gesamten Grubengeländes und dessen Darstellung in Rissen verschiedener Art, Angabe von Durchschlagsrichtungen, Messung und Berechnung der durch den Abbau verursachten Bodenbewegung, Feinmessungen zur Erfassung des Gebirgsdruckes, Messungen zur Erfassung des übertägigen Wassers, des Grundwassers und der Grubenwässer, Bestimmung des Inhalts von Lagerstätten, Massenberechnungen.

Lit. Niemczyk: Bergmännisches Vermessungswesen, 5 Bde (Berlin, Bd 1 1951, Bd 2 1956, Bd 3 1963); Neubert: M., Bd 2 (Leipzig 1964).

Marmor, körniger Kalkstein, durch Metamorphose aus sedimentärem Kalkstein entstanden. Reiner M. ist weiß, z. B. der Bildhauermarmor von Carrara in Italien. Durch verschiedene Beimengungen entsteht gelb, rot, grün oder schwarz gefärbter M. M. besteht aus Kalzitkristallen, die mikroskopisch Zwillingsstreifung zeigen, die ebenso wie seine gefalteten, farbigen Beimengungen auf plastische Verformungen schließen lassen. M. findet sich als Einlagerung in kristallinen Schiefern und im Kontaktbereich von Tiefengesteinen. Er wird besonders in Form von Platten, Blöcken und Säulen vielseitig im Bauwesen und in der bildenden Kunst verwendet, ferner als Grundstoff für die Kalkindustrie u. a. In der Technik werden auch nichtmetamorphe Kalksteine, die schlei- und politurfähig sind, als M.e bezeichnet.

Mars, der Erde nächster äußerer Planet, Zeichen ♄. Der M. zeigt die größte Ähnlichkeit mit der Erde. Sein Äquatordurchmesser beträgt 6800 km, die Rotationszeit 24 Stunden 37 Minuten 23 Sekunden. M. hat wie die Erde einen Wechsel der Tages- und Jahreszeiten, wobei jedoch das Marsjahr etwa 687 Tage umfaßt. Infolge seiner großen Bahnexzentrizität (0,093) ist die Entfernung des Planeten von der Sonne und damit auch von der Erde großen Schwankungen unterworfen. Die Entfernung zur Erde kann von 55 Millionen km (Marsopposition) bis zu 400 Millionen km betragen. Die mittlere Temperatur liegt etwa bei -15 °C und kann zwischen Höchststand der Sonne und Tiefststand im Bereich von 20 °C und -100 °C schwanken.

An den Polen zeigt der M. helle Flecke, die **Polkappen**. Sie bestehen aus dünnen Eis- und Reifschichten, die je nach der Jahreszeit wachsen oder schwinden. Im Marssommer tauchen außerdem grünlichbraune Flecke auf der Marsoberfläche auf. Man nimmt an, daß diese Gebiete



Membranfeder-Manometer

mit niederen Pflanzen bewachsen sind. Die für ein primitives Leben notwendigen chemischen Elemente sind in der Marsatmosphäre festgestellt worden. Entsprechend der geringeren Schwerebeschleunigung an der Oberfläche ist die Dichte und Höhe der Marsatmosphäre sehr gering. Viel Aufsehen erregten früher die *Kanäle*, die die dunklen, als *Meere* bezeichneten Gebiete verbinden; sie beruhen wahrscheinlich auf optischen Täuschungen. Der M. besitzt zwei kleine Monde (→ Satellit). Weiteres → Planet, Übers.

Marsprojekt (Tafel 18), der Plan für einen Flug zum Mars und eine Landung auf diesem Planeten mittels bemannter Raumschiffe. Eine Vorstufe ist die Erkundung des Mars und seiner Umgebung durch → Raumsonden (**Marssonden**), die bereits eingeleitet wurde (1962 Start von Mars 1 durch die UdSSR, 1964 von Mariner 3 und 4 durch die USA und von Sonde 2 durch die UdSSR). Für später sind die Schaffung künstlicher Marssatelliten und die „weiche“ Landung auf dem Planeten geplant. Weiteres → Raumfahrt. Die Flugdauer zum Mars beträgt etwa 180 bis 260 Tage.

Ähnliche Flüge sind auch zur Venus geplant (→ Venusprojekt).

Der Start einer Mars- oder Venussonde ist nicht zu jedem Zeitpunkt möglich, sondern nur innerhalb einiger Wochen, wenn der betreffende Planet relativ zur Erde eine günstige Position hat („Marsfenster“, „Venusfenster“). Diese Startzeiträume wiederholen sich periodisch im Rhythmus der synodischen Umlaufzeit des Planeten, → Hohmann-Bahnen.

Marssonde, → Raumsonde, → Marsprojekt.

Martensit *m*, metallographische Bezeichnung für das metastabile Umwandlungsprodukt des → Austenits, das bei schneller Abkühlung (→ Härten, → Eisen-Kohlenstoff-Legierungen) entsteht und eine große Härtesteigerung beim Stahl bewirkt. Die Härte des sich nadelartig ausbildenden Gefüges im gehärteten Stahl ist abhängig von seinem Kohlenstoffgehalt. M. kann durch Anlassen über die Zwischenstufe in Ferrit und Zementit übergeführt werden. M. wurde benannt nach dem Metallurgen A. Martens.

Martinstahl, → Stahlerzeugung.

mAs, Kurz. für Milliamperesekunde, → Ampere-sekunde.

Mascaret, → Bore.

Maschenregel, → Kirchhoffsche Verzweigungsregeln.

Maschinen, mechanische Vorrichtungen zum Umformen von Energie oder Ausführen von Arbeit. Sie bestehen im allgemeinen aus einem ortsbeweglichen oder ortsfest verbundenen Gestell (Gehäuse, Ständer) und den festen oder beweglichen → Maschinenelementen. Man unterscheidet zwischen → Kraftmaschinen (auch Energiemaschinen genannt) und → Arbeitsmaschinen. Mit M. werden Angriffspunkte, Wirkungs- und Größen von Kräften irgendwelcher Art zweckgerichtet verändert in der Absicht, andere Kräfte (z. B. Widerstandskräfte) zu überwinden. Für alle M. gilt der Satz von der Erhaltung der Energie.

In der Physik versteht man unter **einfachen M.** Hebel, Rolle, Wellrad, Keil, Schraube, geneigte Ebene, Flaschenzug.

Maschinenelemente, die in den verschiedenen Maschinen immer wieder vorkommenden Bauelemente. **Einfache M.** (Schrauben, Nieten, Bolzen, Stifte u. a.) sind standardisiert, **höhere M.** werden vom Konstrukteur gestaltet auf Grund von technologischen und betrieblichen Anforderungen. M. müssen den an ihnen wirkenden Kräften und Momenten widerstehen können (d. h. die nötige Festigkeit aufweisen), sie weiterleiten und umsetzen können.

Die M. können wie folgt eingeteilt werden:

1) **Verbindungselemente**. a) **Unlösbare Verbindun-**

gen: Niet-, Schweiß-, Löt- und Klebverbindungen, Schrupfverbindungen und Verbindungen durch Formänderung (Einbettungen, Zusammenfaltungen u. a., besonders in der Feinwerktechnik mit ihrer Massenfertigung üblich).

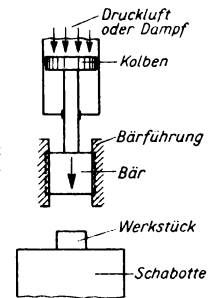
b) **Lösbare Verbindungen:** Querkeilverbindungen für die Übertragung von Zug- und Druckkräften; Längskeilverbindungen für die Übertragung von Drehmomenten; Schraubverbindungen. 2) **Elemente der drehenden Bewegung:** Zapfen und Lager, Wellen und Achsen, Kupplungen. 3) **Elemente der Drehmomentübertragung:** Zahnräder, Reibräder, Riementrieb, Seiltrieb, Kettentrieb. 4) **Elemente der Kraftmaschinen:** Kolben, Kreuzköpfe, Treibstangen, Kurbeln, Exzenter, Nockenscheiben, Regler. 5) **Rohrleitungselemente:** Rohre, Verbindungsstücke, Absperr-, Rückschlag- und andere Ventile.

Lit. Luft: M. (10. Aufl. Leipzig 1964); Hintze: M., 2 Tle (Berlin, Tl 1 4. Aufl. 1966, Tl 2 4. Aufl. 1967).

Maschinengewehr, abg. MG, die wichtigste → automatische Waffe der Schützengruppe. M.e sind oft Gasdrucklader. Man unterscheidet leichte, schwere und überschwere M.e. **Leichte MG** (abg. IMG, Tafel 16) werden zur Vernichtung von Gruppen- und Einzelzielen bis zu 800 m Entfernung und gegen Luftziele bis zu 500 m Höhe eingesetzt, schwere MG (abg. sMG) bis zu einer Entfernung von 1000 m und gegen Luftziele ebenfalls bis zu 1000 m Höhe. Die Munition (Kaliber 7,62 mm) wird gegurtet aus einer Trommel, einem Stangenmagazin oder einem Kasten zugeführt. Die praktische Feuergeschwindigkeit beträgt bei kurzen Feuerstößen 150 bis 250 Schuß/min, das Fassungsvermögen einer Trommel 75 und eines Stangenmagazins 40 Patronen (IMG), das eines Metallgurtcs (Kasten) 160, 200 oder 250 Patronen (sMG). **Überschwere M.e** (Kaliber 12,7 bis 20 mm) erreichen eine Schußentfernung von maximal 5000 bis 7000 m; die günstigste Entfernung zur Bekämpfung von Erdzielen beträgt 500 m und zur Bekämpfung von Luftzielen 1000 m, die praktische Feuergeschwindigkeit 100 bis 150 Schuß/min, die Munition wird aus Metallgurtcn (je 100 Schuß) zugeführt. Der Lauf moderner M.e ist auswechselbar und hat Luftkühlung (zum Abkühlen Auswechslung nach jeweils 500 Schuß), es gibt jedoch auch heute noch M.e mit wassergekühltem Lauf. Zum Erdkampf eingesetzte IMG sind am Laufvorteil mit einem Zweibein ausgerüstet, sMG können mit Zweibein oder Dreibein versehen werden, überschwere M.e mit einer fahr- oder tragbaren Lafette. M.e in Panzern, Bunkern u. a. haben Sonderlafetten. Über Fla-M.e → Luftabwehrwaffen.

Maschinenhammer, eine Werkzeugmaschine vorwiegend zum Umformen von Werkstücken. Die maschinell erzeugte Schlagenergie wird durch den Hammerbär, einen in Führungen bewegten massiven Stahlkörper, auf das Werkstück übertragen. Die Bärmasse *m* und die Bärgeschwindigkeit *v* bestimmen die Schlagenergie *E* der Maschinenhammer: $E = \frac{m \cdot v^2}{2}$. Das Werkstück liegt

unmittelbar oder beim Gesenkschmieden mit dem Untergesenk auf einem im Verhältnis zur Bärmasse und Bärabmessung größeren Stahlkörper, der Schabotte, auf. Nach dem Erzeugungsprinzip des erforderlichen Arbeitsvermögens unterscheidet man zwischen Freifall-, Oberdruck- und Federhammer. Beim **Freifallhammer (Fallhammer)** wird der Hammerbär mit dem hieran befestigten Umformwerkzeug durch eine Aufzugsvorrichtung bis maximal 3 m hoch gezogen; nach dem Lösen einer Haltevorrichtung gibt er sein ausschließlich aus der Fallenergie gewonnenes Arbeitsvermögen an das Werkstück ab. Beim **Oberdruckhammer** wird das erforderliche Arbeitsvermögen hauptsächlich aus der Entspannungs-

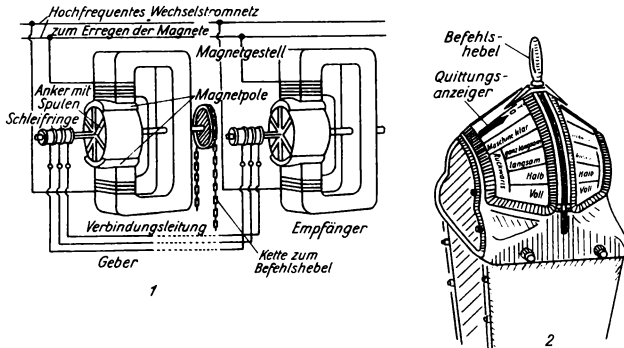


Wirkungsprinzip eines Oberdruckhammers

Maschinenkanone

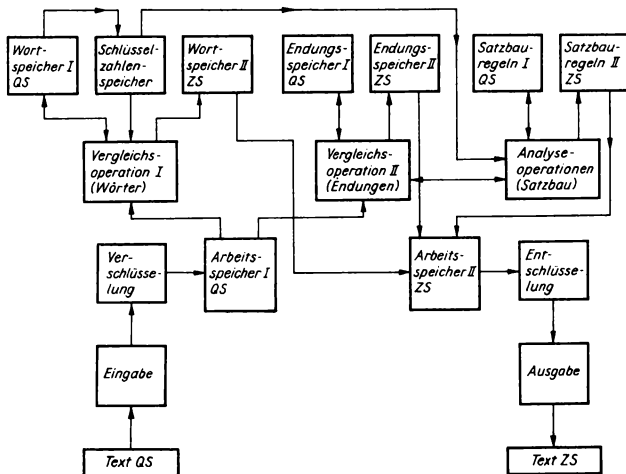
arbeit von Druckluft (**Drucklufthammer**) oder Dampf (**Dampfhammer**) aufgebracht. Eine Bauart der Oberdruckhämmer ist der **Gegenschlaghammer**, der zum Gesenkschmieden eingesetzt wird. Er besitzt zwei gegeneinanderschlagende, durch Stahlbänder über Rollen verbundene Hammerbären. Der **Lufthammer** ist ein Oberdruckhammer mit C-Gestell und Antrieb nach dem Luftpumpenprinzip. Über Schwungrad und Kurbeltrieb wird im Pumpenzylinder die Luft abwechselnd verdünnt und verdichtet und dadurch im Bärzylinder der Bärkolben auf- und abbewegt. Beim **Federhammer** werden Schlagenergie und Bärhub aus dem Entspannen eines durch Kurvenscheiben abgelenkten Blattfederpaketes abgeleitet.

Lit. Gube: Schmiedehämmer (2. Aufl. Berlin 1962).



Elektrischer Maschinentelegraf: 1 Schaltschema, 2 Geber eines Zeigertelegrafen

Maschinenkanone, abg. MK, eine → automatische Waffe, ein kleinkalibriges Geschütz für Explosivgeschosse mit hoher Feuergeschwindigkeit. Die M. hat die gleiche Wirkungsweise wie das Maschinengewehr, jedoch ein größeres Kaliber (20 bis 30 mm), außerdem arbeitet die M. nach dem Prinzip des Rückstoßladers (→ automatische Waffen). Die Munition wird mit Gurten oder aus Magazinen zugeführt; die Schußfolge beträgt 250 und mehr Schuß/min. M.n sind als Bewaffnung in Panzern und Flugzeugen geeignet, auf Kriegsschiffen werden sie als Fliegerabwehrkanonen eingesetzt, mitunter in Zwillings-, Drillings- oder Vierlingsanordnung.



Grundschema des Verlaufs einer automatischen Sprachübersetzung. QS Quellsprache, ZS Zielsprache

Maschinenkombination, → Gerätekombination.

Maschinenkopplung, → Gerätekopplung.

Maschinenpistole, abg. MPI, eine automatische (zweihändige) Handfeuerwaffe, mit der in allen Anschlagarten geschossen werden kann. Die M. ist oft ein Gasdrucklader (→ automatische Waffen). Sie dient zur wirksamen Bekämpfung von Zielen bis zu 800 m, Luftziele können bis zu einer Entfernung von 500 m bekämpft werden. Mit der M. ist Einzel- und Dauerfeuer möglich. Die Munition (Kaliber im sozialistischen Lager 7,62 mm) wird aus Stangen- oder Trommelmagazinen verschossen. Die theoretische Feuergeschwindigkeit beträgt 600 Schuß/min, die praktische Feuergeschwindigkeit bei kurzen Feuerstößen 90 bis 100 Schuß/min und bei Einzelfeuer 40 Schuß/min.

Maschinensatz, 1) → Aggregat. 2) → Setzen.

Maschinensysteme, Gruppen von Maschinen und Geräten, die für die → Mechanisierung eines Abschnittes der Produktion erforderlich sind und funktionell und gemäß ihrer technischen Daten zweckentsprechend aufeinander abgestimmt sind.

Maschinentelegraf, auf Schiffen eine elektrische Einrichtung, mit der Fahrtbefehle aus dem Ruderhaus oder von der Kommandobrücke in den Maschinenraum übermittelt werden. Der M. besteht aus einem Geber auf der Kommandobrücke und einem Empfänger im Maschinenraum. Beide Geräte haben eine Skale, auf der die Befehle, getrennt nach Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, angegeben sind. Beim Verstellen eines Befehlshelms am Geber läuft am Empfänger ein Befehlsscheit mit. Wird nach Ausführung des Befehls ein Quittungshebel am Empfänger mit dem Befehlsscheit zur Deckung gebracht, so stellt sich auch am Geber ein Quittungszeiger auf das gleiche Feld ein. Der Gleichlauf wird dadurch bewirkt, daß beim Legen der Hebel ein Anker gedreht wird (Drehmelder) und sich hierdurch die Ströme ändern, die von den Magnetpolen in den Ankerspulen erregt werden. Diese bewirken, daß der Anker im Empfänger sich um das gleiche Maß dreht. Beim selten verwendeten mechanischen M. sind Hebel und Zeiger durch Seilzüge verbunden. (Abb.)

Beim **Lampentelegrafen** leuchtet in dem mit dem Befehlshel gewählten Skalenfeld am Geber und am Empfänger eine Lampe so lange auf, bis Rückmeldung erfolgt ist.

Maschinenübersetzung, automatische Sprachübersetzung, die automatische Übertragung einfacher schriftlicher Fachtexte von einer natürlichen Sprache in eine andere. Die Hauptaufgabe der Forschung besteht darin, einen möglichst umfangreichen Teil des Wortschatzes und die grammatischen Regeln jeweils eines Paares von Sprachen (der Quellen- und der Zielsprache) und die zwischen beiden bestehenden Übersetzungsbeziehungen sowie die notwendigen Analyse- und Syntheseprozesse so vollständig, detailliert und widerspruchsfrei zu beschreiben, daß sie in Form eines → Algorithmus dargestellt werden können. Zur Durchführung des eigentlichen Übersetzungsprozesses werden besonders programmierte, z.T. durch Spezialgeräte ergänzte → Digitalrechenautomaten verwendet. Der zu übersetzende Text wird zu Ziffern verschlüsselt und in elektrische Impulse umgewandelt. Die Übersetzungsanlage enthält einen elektronisch gespeicherten Ausschnitt aus dem Wortschatz der Quellsprache, der einem Teil des Wortgedächtnisses oder einem Spezialwörterbuch des menschlichen Übersetzers entspricht. Jedes Textwort wird zur Identifizierung mit den Stichwörtern des Wortschatzes verglichen. Ist die gleiche Form aufgefunden, so wird die Wiedergabe der bedeutungsentsprechenden Wör-

ter aus dem Wörterbuch der Zielsprache vorbereitet. Den Einzelwörtern des gespeicherten Vokabulars sind Informationen über Wortart, Beugung, grammatische Besonderheiten usw. beigegeben. Ein weiterer Speicher enthält die Flexionsformen und die Grundregeln der Formenlehre; mit seinem Inhalt werden die im eingegebenen Text auftretenden Beugungsendungen verglichen und ihre Funktionen festgestellt. Im Verlauf der darauffolgenden syntaktischen Analyse ergeben sich auf Grund aller dieser grammatischen Angaben und der Wortstellung die Beziehungen der Wörter untereinander, die Zusammengehörigkeit mehrerer Wörter zu einer grammatischen Form, zu Satzgliedern oder Redewendungen, und schließlich wird die Struktur des gesamten Textsatzes gefunden. Danach erfolgt die Synthese eines bedeutungsgleichen Satzes der Zielsprache, d. h. die Wahl unter mehreren Übersetzungsmöglichkeiten für die Einzelwörter, die Herstellung der regelgemäßen Wortfolge und die Bildung der erforderlichen Beugungsformen.

Die bisher entwickelten Systeme der M. arbeiten im wesentlichen mit rein grammatischen Analysemethoden, und die Grenzen ihrer Verfeinerungsmöglichkeiten sind absehbar. Das derzeitige Haupthindernis für eine vollautomatische Sprachübersetzung bilden die relativ häufigen Fälle von sprachlicher Mehrdeutigkeit, die sich als mehrfache Funktion grammatischer Strukturen und als mehrfache Übersetzungsmöglichkeit von Wortformen der Quellsprache äußern. Der menschliche Übersetzer löst diese Mehrdeutigkeiten mittels semantischer Informationen (Wortbedeutungen) aus der Textumgebung, durch Kriterien, die sich aus der Redesituation ergeben, oder durch sein allgemeines Wissen um Sachverhalte und -beziehungen. In den Anfängen stehende Forschungen befassen sich mit den Möglichkeiten, die zuerst genannte Lösungsart nachzubilden und sie in den Prozeß der automatischen Sprachübersetzung einzubeziehen. Dazu dient vor allem die Anordnung des Wortschatzes nach dem *Thesaurus-Prinzip*, d. h. nach Bedeutungszusammenhängen, von denen aus auf die in einem Text jeweils gemeinte Bedeutung mehrdeutiger Wörter geschlossen werden kann.

Lit. → Digitalrechenautomat.

Maschinenwaffen, svw. → automatische Waffen.

Maschinenzugboden, → Bühnentechnik.

Maschinieren, → Rauchwarenzurichtung.

Maser [Abk. für amerikanisch Microwave Amplifier by Stimulated Emission of Radiation „Mikrowellenverstärker durch angeregte Strahlungsaussendung“], ein quantenmechanischer Verstärker für den Mikrowellenbereich (im Unterschied zum → Laser als quantenmechanischem Verstärker für den Lichtwellenbereich). Die physikalischen Grundlagen des M.s sind die gleichen wie beim Laser. Das Masersystem nimmt aus einem äußeren Hochfrequenzstrahlungsfeld Energie auf, speichert einen Teil dieser Energie und kann diesen gespeicherten Energiebetrag mit der festen Resonanzfrequenz des Masersystems wieder abgeben. Die Abstrahlung der gespeicherten Energie erfolgt durch Einwirkung eines äußeren schwachen Hochfrequenzsignals von der entsprechenden Resonanzfrequenz des Masersystems. Da die induzierte Abstrahlung der gespeicherten Energie phasenrichtig und proportional zum äußeren Hochfrequenzsignal ist, wird das schwache äußere Signal verstärkt, wobei die Bandbreite der verstärkten Strahlung äußerst gering ist.

Anwendungsgebiete der M. sind rauscharme Eingangsverstärker für Mikrowellensignale bei der Radartechnik, bei der Radioastronomie sowie bei der Steuerung und Nachrichtenübertragung von künstlichen Erdsatelliten. Durch Rück-

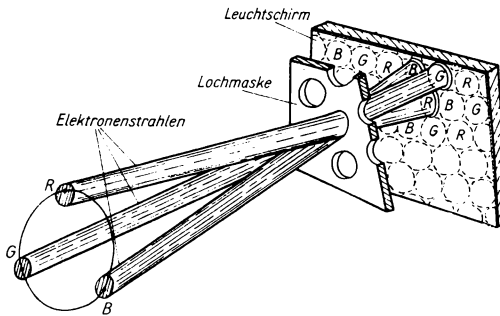
kopplung der verstärkten Signale kann aus einem Maserverstärker auch ein selbsterregter Maseroszillator werden; ein Beispiel dafür ist der **Ammoniak-Gasmaser**, dessen hohe Frequenzstabilität und schmale Frequenzbandbreite zur Zeitmessung ausgenutzt wird. Der am häufigsten verwendete Maserverstärker ist der **Rubinemaser**, bei dem ein auf tiefen Temperaturen (unterhalb 100 °K) in einem Hohlraumresonator befindlicher Rubinkristall Hochfrequenzenergie speichert und auf einer oder mehreren Resonanzfrequenzen schwache, mit den Resonanzfrequenzen übereinstimmende, von außen eingegebene Hochfrequenzsignale phasenrichtig verstärkt.

Optische M., svw. → Laser.

Lit. → Laser.

Maskenguß, **Formmaskenguß**, **Cröning-Verfahren** (benannt nach seinem Erfinder), abg. **C-Verfahren**, ein Genaugußverfahren zur Herstellung von Gießformen für den → Formguß. Er erfolgt mittels Formmasken, die zum Gießen miteinander verklammert und in geeigneten Behältern mit Sand hinterfüllt werden. Die Abgüsse haben eine sehr saubere Oberfläche und sind außerordentlich maßhaltig. Jede Maske ist nur einmal verwendbar. Zur Herstellung der Masken wird auf eine erhitzte Metallmodellplatte pulverisiertes Formstoffgemisch aus tonfreiem Quarzsand und 6 bis 8 % Kunstharzbinder aufgestreut. Das Kunstharzmehl schmilzt durch die Hitze auf der Metallplatte und verkrustet den Quarzsand zu einer 4 bis 5 mm dicken Schicht. Diese wird einige Minuten bei 320 bis 340 °C gehärtet und läßt sich dann als Maske von der Modellplatte abstreifen.

Maskenröhre, eine Farbbildröhre. Früher wurden farbige Bilder beim Farbfernsehen dadurch erzeugt, daß man die Bilder von drei in den Grundfarben Rot, Grün, Blau leuchtenden Bildröhren optisch übereinander projizierte. Die M. stellt eine Vereinigung dieser Anordnung in einer einzigen Röhre dar. Sie enthält drei Strahlensysteme, die von den Bildsignalen der drei Grundfarben angesteuert werden. Die Elektronenstrahlen werden elektrostatisch fokussiert und magnetisch abgelenkt. Der Leuchtschirm der M. besteht aus etwa 1,2 Millionen Leuchtstoffpunkten, die in den drei Grundfarben aufleuchten und in Tripeln angeordnet sind. Eine **Lochmaske** mit



Maskenröhre: geometrische Beziehungen zwischen den Elektronenstrahlen, der Lochmaske und dem Leuchtschirm einer Maskenröhre. B Blau, G Grün, R Rot

etwa 0,4 Millionen Löchern sorgt dafür, daß nur die dem jeweiligen Strahlensystem zugeordneten Leuchtstoffpunkte angeregt werden können. Außerdem sind Korrekturstellungen zur Gewährleistung der statischen und dynamischen Konvergenz erforderlich (→ Farbfernsehen).

Maskenverfahren, Sammelbezeichnung für verschiedene photomechanische Verfahren, mit deren Hilfe eine Beeinflussung der Reproduk-

tion erreicht wird und sich vor allem die Mängel der photographischen Farbproduktion und die Abweichungen der Druckfarben von den theoretischen Idealwerten korrigieren lassen (indirekte Retusche). Die Masken sind Diapositive, Negative oder sogenannte Kompensative, die aus einem Negativ und Diapositiv unterschiedlicher Farbteilauszüge oder entsprechender Lichtwirkung hergestellt werden und nur das Farbdifferenzbild der dafür verwendeten Auszüge aufweisen. Man unterscheidet Silbermasken (schwarzweiß) und Farbstoffmasken (farbig). Sie werden entweder in den Strahlengang der Reproduktionskamera eingesetzt oder von der Seite, von hinten bzw. durch einen Spiegel einprojiziert, aufmontiert oder einkopiert; sie können aber auch im Aufnahmeilm eingebaut sein und automatisch beim Entwickeln entstehen.

Bei der Luftbildauswertung ist es oft erforderlich, störende Einflüsse, zum Beispiel Nebelfelder, Wolkenschatten, in der Kopie zu beseitigen. Dies gelingt durch Kombination des Negativs mit einer unscharfen Positiv-Maske. Auch elektronische Kopiergeräte, z. B. LogEtron, sind hierfür konstruiert worden. Weiteres → Kontraststeuerung.

Maß, 1) die Verkörperung einer oder mehrerer physikalischer Größen oder Einheiten, die zum Vergleich oder zum Messen von Größen gleicher Art dienen, z. B. Parallelenmaß, Maßstab mit Teilung, Litermaß, Kilogrammwaagestück. Ursprünglich hatte man die M.e. willkürlich festgelegt. Sie waren meist dem menschlichen Körper (Fuß, Elle), der Arbeit (Tagewerk, Morgen) oder Gebrauchsgegenständen (Kanne, Eimer) entnommen und unterschiedlich in ihren Abmessungen. Später benutzte man Naturmaße, z. B. das → Meter in seiner ursprünglichen Definition sowie in der Definition als Vielfaches einer Lichtwellenlänge.

2) in Wortverbindungen in der Physik Bezeichnung für den Logarithmus des Verhältnisses zweier Größen gleicher Art. Zum Beispiel ist in der Nachrichtentechnik das Pegelmaß der Logarithmus des Verhältnisses zweier Energiegrößen, ohne daß eine von ihnen als feste Bezugsgröße gilt. Pegelmaße werden durch das Kennwort Neper (Kurzz. Np) als natürlicher Logarithmus und das Kennwort Dezibel (Kurzz. dB) als dekadischer Logarithmus gekennzeichnet.

Maßanalyse, → Volumetrie.

Masse, Zeichen m , physikalische Grundgrößenart. Sie kennzeichnet die Eigenschaft eines Körpers, die sich sowohl als Trägheit gegenüber einer Änderung seines Bewegungszustandes als auch in der Anziehung zu anderen Körpern äußert.

Jeder Körper setzt einer Änderung seiner Geschwindigkeit einen Widerstand entgegen. Diese Eigenschaft nennt man *Trägheit*, ein Maß dafür ist die *träge M.* des Körpers. Um die Trägheit zu überwinden, muß man eine Kraft auf den Körper einwirken lassen. Nach dem Newtonschen Grundgesetz der (nicht-relativistischen) Mechanik ($M.$ als konstante Größe betrachtet) ist die Kraft, die z. B. zum Erreichen einer bestimmten Beschleunigung notwendig ist, proportional der trägen $M.$, also Kraft (\vec{F}) = träge Masse (m) · Beschleunigung (\vec{a}). Damit hat man eine Möglichkeit, träge $M.$ n durch die ihnen proportionalen Kräfte zu messen, wenn eine Masseinheit festliegt (s. u.). Eine andere Möglichkeit bietet die Tatsache, daß sich die $M.$ n mehrerer unterschiedlicher Körper umgekehrt wie ihre Beschleunigungen verhalten, wenn die gleiche Kraft auf sie einwirkt. Grundeinheit der $M.$ ist das Kilogramm, Kurzz. kg; es ist gleich der Masse des internationalen Kilogramm-Prototyps (Urkilogramm), → Kilogramm.

Ursprünglich sollte als Einheit die $M.$ von 1 dm³ Wasser bei 4 °C und 1 atm Druck gelten. Es zeigte sich aber, daß 1 dm³ Wasser nur eine $M.$ von 0,999972 kg hat. Die $M.$ von 1 kg Wasser nimmt daher einen Raum ein, der etwas größer als 1 dm³ ist. Man bezeichnet ihn als → Liter.

Zum Verständnis des Folgenden müssen die Eigenschaften physikalischer Kräfte betrachtet werden: Eine Kraft kann in der Physik verschiedene Ursachen haben. Für jede von ihnen gilt ein besonderes Kraftgesetz, das die Kraft durch andere physikalische Größen ausdrückt; so ist z. B. das Kraftgesetz für eine Federkraft: Kraft = Federkonstante · Dehnung. Eine wichtige Art von Kräften tritt in Kraftfeldern auf (→ Feld). Dort wirkt auf jeden eingebrachten

Körper eine Kraft \vec{F} (Zeichen für den Kraftvektor), die einmal abhängt von einer Eigenschaft des Feldes an der betreffenden Stelle (Feldstärke \vec{E}) und zum anderen von einer Eigenschaft des eingebrachten Körpers (Ladung e). Man kann das

Kraftgesetz schreiben: Kraft (\vec{F}) = Ladung (e) · Feldstärke (\vec{E}). In dem Kraftfeld, das durch ruhende elektrische Ladungen erzeugt wird, ist z. B. e die elektrische Ladung des Körpers, auf den eine Kraft ausgeübt wird, und \vec{E} die elektrische Feldstärke. Durch diese Kraft erfährt nun der Körper eine Beschleunigung (\vec{a}), und aus $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ und $\vec{F} = e \cdot \vec{E}$ erhält man $\vec{a} = \frac{e}{m} \cdot \vec{E}$.

Führt man Beschleunigungsmessungen an einer Stelle aus, an der immer die gleiche Feldstärke \vec{E} herrscht, so hängt die Beschleunigung nur ab

vom Verhältnis $\frac{e}{m}$. Ein Proton erfährt also eine um den Faktor 1/1837 kleinere Beschleunigung als ein Positron. — Ein weiteres Kraftfeld ist das Gravitationsfeld. Hier gilt Beschleunigung = $\frac{\text{Gravitationsladung}}{\text{träge Masse}}$ · Feldstärke. Führt man

im Gravitationsfeld Beschleunigungsmessungen durch, so ergibt sich, daß bei Abwesenheit anderer Kräfte (z. B. Luftwiderstand) alle $M.$ n im gleichen Feld dieselbe Beschleunigung erfahren. Das bedeutet: Alle Körper fallen gleich schnell (Galilei). Die Gravitationsladung eines Körpers ist also seiner trägen $M.$ streng proportional. Diese Tatsache ist durch Präzisionsmessungen gesichert (Eötvös). Da noch keine Einheit für die Ladung im Gravitationsfeld festgelegt ist, wählt man sie gleich derjenigen der trägen $M.$ und nennt die Gravitationsladung *schwere M.* Beide $M.$ n sind äquivalent, eine Tatsache, die für die klassische Physik unerklärlich war und einen wesentlichen Anlaß zur Aufstellung der allgemeinen Relativitätstheorie gab, nach der kein begrifflicher Unterschied zwischen schwerer und träger $M.$ besteht.

Die schwere $M.$ ist bisher nur als Probekörper (Ladung) im Gravitationsfeld eingeführt worden. Es gibt jedoch noch einen dritten Massebegriff: die $M.$ als *Quelle des Gravitationsfeldes* (→ Massenanziehung). Sie ist der Gravitationsladung ebenfalls gleich. Das folgt speziell aus dem Newtonschen Gravitationsgesetz, in dem beide Massearten gleichberechtigt vorkommen, und allgemeiner noch aus dem Newtonschen Reaktionsprinzip (→ Newtonsche Axiome).

Für die $M.$, jetzt als einheitlicher Begriff gebraucht, gilt ein Erhaltungssatz: $M.$ kann weder entstehen noch vergehen (Lavoisier). Die spezielle Relativitätstheorie zeigt, daß dieser Satz dem Energieerhaltungssatz untergeordnet ist. $M.$ und Energie (W) sind durch die Beziehung $W = mc^2$ (c = Lichtgeschwindigkeit) einander äquivalent

(**Energie-Masse-Satz**, → Energie). Ein mit der Geschwindigkeit v bewegter Körper enthält einen Vorrat an kinetischer Energie; seine M muß demzufolge gegenüber seiner **Ruhmasse** m_0 zunehmen. Es ist nach der speziellen Relativitätstheorie $m = m_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Photonen und

leicht noch Neutrinos sind die einzigen Elementarteilchen ohne Ruhmasse. Durch Elementarprozesse, wie Zerstrahlung und Paarbildung, erfolgt eine Umwandlung von Ruhmasse in die ihr äquivalente Strahlungsenergie und umgekehrt.

Ein bewegter elektrisch geladener Körper führt ein elektromagnetisches Feld mit sich, dessen Energie ebenfalls eine Massezunahme des Körpers bewirkt. Dieser Anteil heißt **elektromagnetische Feldmasse**.

Die Kraft, die auf einen Körper der M . m im Gravitationsfeld der Erde wirkt, ist sein → Gewicht. Im Gegensatz zu den (skalaren) M .n sind Kräfte gerichtete (vektorielle) Größen.

Die Messung der M . makroskopischer irdischer Körper erfolgt meist durch Wägung auf Grund ihres Gewichtes, diejenige atomarer M .n durch Beobachtung der Beeinflussung ihrer Bewegung durch Felder. Der Massevergleich durch Wägung wird mit in Masseneinheiten geeichte und beglaubigte Wägestücke vorgenommen. Auf einer Hebelwaage vergleicht man M .n, wenn auf beiden Waagschalen die gleiche Fallbeschleunigung wirkt — eine Bedingung, die praktisch immer erfüllt ist.

Massedefekt, der Masseverlust, der stets beim Verschmelzen von Nukleonen (d. s. Protonen und Neutronen) zu einem Atomkern eintritt. Beispiel: Ein Heliumkern ist aus zwei Wasserstoffkernen (Massewert 1,008145) und zwei Neutronen (Massewert 1,008985) aufgebaut. Sein Massewert ist aber nicht 2 (1,008145 + 1,008985) = 4,034260, sondern nur 4,003873. Die Differenz 0,030387 ist der M . Ist M die Masse, Z die Protonenzahl (Kernladungs- oder Ordnungszahl) und N die Neutronenzahl des Kernes sowie m_p die Masse eines Protons und m_n die Masse eines Neutrons, dann ist der M . ΔM gegeben durch $\Delta M = (Zm_p + Nm_n) - M$. Der M . entspricht nach der Einsteinschen Masse-Energie-Beziehung $E = \Delta Mc^2$ (c = Lichtgeschwindigkeit) der Bindungsenergie des Atomkerns, → Kernenergie. Der M . beträgt im allgemeinen knapp 1% der Gesamtmasse des Kernes, bei leichten Kernen bedeutend weniger. Bei schweren Kernen ist er ebenfalls geringer; daher kann durch Spaltung von schweren Kernen (Uran, Plutonium) in zwei ungefähr gleiche Teilkerne bereits Energie gewonnen werden, → Kernreaktionen.

Masseseinheit, → technische Masseseinheit, → atomare Masseseinheit.

Maßeinheiten, → Einheiten.

Massel f , ein Roheisenbarren, der zum Umschmelzen bestimmt ist. M .n werden hergestellt, wenn die Weiterverarbeitungsbetriebe nicht beim Hüttenwerk liegen, sondern das Roheisen zu ihnen über weite Strecken hintransportiert werden muß. Das flüssige Roheisen wird in der **Massgießmaschine** mit Hilfe einer Gießpfanne auf ein laufendes Metallformenband (Massgießförderer, → Gliederbandförderer) gegossen. Früher erfolgte der Guß in ein Sandbett, in das die M .n eingeformt waren.

Masse-Leistungs-Verhältnis, früher als **Leistungsgewicht** bezeichnet, bei Kraftfahrzeugen die Masse des höchstzulässig beladenen Fahrzeuges oder nach Vereinbarung eine andere Bezugsmasse (z. B. Leermasse des Kraftfahrzeuges) geteilt durch die Höchstleistung seines Motors. Das M .- L .- V . gibt an, wieviel kg Fahrzeugmasse auf 1 PS Motorleistung entfallen. Das M .- L .- V . ist maßgebend für die mögliche Be-

schleunigung und die verfügbare Leistungsreserve eines Kraftfahrzeuges beim Befahren von Steigungen. Die M .- L .- V . se liegen im allgemeinen innerhalb folgender Grenzen: Motorräder: leer 5 bis 16 kg/PS, vollbesetzt 16 bis 35; Personenkraftwagen: leer 10 bis 25, voll besetzt 15 bis 40; Sportwagen: leer 3 bis 15, voll besetzt 5 bis 17; Lastkraftwagen: voll beladen 50 bis 100.

Massenanziehung, Gravitation, eine von Newton entdeckte allgemeine Eigenschaft aller (stofflichen) Materie. Nach dem Gesetz von der M . besteht stets zwischen zwei Massen m_1 und m_2 eine Anziehung, die um so größer ist, je geringer ihre Entfernung r ist; der Betrag der Anziehungskraft F ergibt sich (in Newton) aus der Formel

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}, \text{ worin } \gamma \text{ die Konstante } 6,67 \cdot 10^{-11}$$

$\text{kg}^{-1} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$ ist (**Gravitationskonstante**) und m_1 und m_2 in kg, r in m gemessen sind. Jedem Punkt im Abstand r von einer Masse m_1 ist eine Feldstärke $\gamma \frac{m_1}{r^2}$ zugeordnet. Man erhält die An-

ziehung einer Masse m_2 in diesem Gravitationsfeld, indem man die Feldstärke mit m_2 multipliziert. Quelle und Angriffspunkt des Gravitationsfeldes ist die schwere → Masse. Auf der Erde äußert sich die M . in dem Fallbestreben der Körper (→ Fall); der Betrag der M . aller irdischer Körper ist demnach gleich ihrem Gewicht. Durch die M . zwischen Sonne und Planeten werden letztere gezwungen, sich auf ellipsenförmigen Bahnen um die Sonne zu bewegen. Auf der M ., die Sonne und Mond auf die Wasserhülle und die Erdkruste ausüben, beruhen die Gezeiten des Meeres und der festen Erde.

Massenausgleich, der Ausgleich der Kräfte, die an einer Maschine durch die hin- und hergehenden (z. B. Kolben) oder sich drehenden Massen (z. B. Kurbel) entstehen und einen ungleichförmigen Gang verursachen. Der M . erfolgt durch Gegenlasten.

Massendefekt, → Massedefekt.

Massenfertigung, → Fertigungsart.

Massenpunkt, → Massepunkt.

Massenseparator, Massentrenner, ein aus dem Massenspektrometer hervorgegangenes Gerät, das Isotope auf elektromagnetischem Wege trennt (→ Massenspektroskopie). Der M . besteht aus einer sehr großen Ionenquelle, in der die zu trennende Substanz verdampft und durch Elektronenbeschuß ionisiert wird, dem Trennrohr, in dem die Ionen durch ein elektrisches Feld (etwa 50 kV) beschleunigt und durch das Feld eines großen Magneten in einem von der Ionenmasse abhängigen Ausmaße abgelenkt werden, und den Auffangertaschen, in denen die in die einzelnen Isotope sortierten Ionen entladen und niedergeschlagen werden. M .en arbeiten mit relativ hohen Ionenströmen von etwa 10^{-6} bis 1 A. Die durchschnittliche Leistung beträgt etwa 10^{-3} g je 24 Stunden. Besondere Vorteile dieses Verfahrens sind der große Anreicherungs-

$$\text{faktor } \frac{a'/b'}{a/b} \approx 1000 \text{ (dabei sind } a'/b' \text{ und } a/b \text{ die}$$

Isotopenhäufigkeitsverhältnisse nach bzw. vor der Trennung), die Anwendbarkeit auf die Trennung der Isotope schwerer Elemente (z. B. Uran) und die Möglichkeit, alle Isotope eines chemischen Elements in einem Schritt in hoher Anreicherung zu gewinnen. Mit einem zweistufigen M . werden Anreicherungs faktoren von 10^4 bis 10^5 erreicht. Bei diesen Geräten befindet sich an Stelle der Auffangertaschen eine Spaltblende; die dort durchtretenden Ionen werden durch eine nochmalige Ablenkung in einem Magnetfeld erneut aufgetrennt und erst dann aufgefangen. Nachteile des Verfahrens sind die geringen Mengenleistungen, hohe Investitionskosten (große Magnetmasse) und hoher Energieaufwand. Durch eine

besondere Zwischenfokussierung der Ionenstrahlen im Magnetfeld kann die Magnetmasse um etwa den Faktor 10 reduziert werden.

Das zur großtechnischen Isotopentrennung, besonders zur Gewinnung des Uranisotops ^{235}U verwendete **Calutron** arbeitet mit einer Ablenkung des Ionenstrahls im Magnetfeld von 180° und hat zwei Ionenquellen und zwei Auffänger.

Massenspektroskopie, ein Verfahren, das die quantitative Registrierung von Atomen, Molekülen und Molekülbruchstücken, nach ihrer unterschiedlichen Masse geordnet, gestattet. Die zur M. nötigen Geräte heißen **Massenspektrometer**. Sie arbeiten nach folgendem Prinzip: Atome oder Moleküle werden im Vakuum mit elektrischen Ladungen beschossen. Dabei entstehen Ionen, geladene Moleküle oder Molekülbruchstücke, die in einem elektrischen Feld beschleunigt werden. Senkrecht zu dem elektrischen Feld wirkt ein magnetisches Feld, das die geladenen Teilchen ablenkt. Die Ablenkung ist um so größer, je kleiner das Verhältnis von Masse zu Ladung ist. Die Größe der Ablenkung wird registriert. Mittels moderner Spektrometer können Moleküle, die sich um $1/100$ Atomgewichtseinheit unterscheiden, getrennt wahrgenommen werden. Andere Varianten der Massenspektrometer arbeiten ohne ein Magnetfeld. In ihnen bewegen sich die Ionen und geladenen Moleküle zwischen Steuergittern, die in einem solchen Rhythmus ihre elektrische Spannung ändern, daß nur Ionen oder Moleküle einer bestimmten Masse alle Steuergitter durchlaufen können (**Laufzeitmassenspektrometer**).

Die M. wird zur Atomgewichtsbestimmung, Analyse von Kohlenwasserstoffgemischen, Isotopentrennung, Überwachung der Luft in Atomenergieanlagen, Untersuchung von Kernumwandlungen, geologischen Altersbestimmung, Untersuchung über die Ionenbildung durch Elektronenstoß, Strukturaufklärung in der organischen Chemie u. a. verwendet.

Lit. Rieck: Einführung in die M. (Berlin 1956).

Massentrenner, svw. → Massenseparator.

Massenverhältnis, das Verhältnis der Masse einer vollbetankten Rakete vor dem Start (M_0 , Start- oder Anfangsmasse) zur Masse der leeren Rakete nach Brennschluß (m_0 , Endmasse), eine wichtige Größe in der Raketentechnik. Vom M_0/m_0 hängt entscheidend die erreichbare Endgeschwindigkeit (Brennschlußgeschwindigkeit) v_B der → Rakete ab. Aus dem Impulssatz folgt (nach Ziolkowski): $v_B = w_s \ln \frac{M_0}{m_0}$; dabei ist w_s die Anfangsgeschwindigkeit der Treibstoffmasse relativ zur Rakete.

Massenwirkungsgesetz, abg. **MWG**, **Reaktionsisotherme**, ein von C. M. Guldberg und P. Waage 1867 aufgestelltes Grundgesetz über die Gleichgewichtslage chemischer Reaktionen. Bei konstanter Temperatur und konstantem Druck läßt sich die Lage des Gleichgewichts nach dem M. aus den Anfangskonzentrationen berechnen. Das M. sagt aus, daß das Produkt aus den Konzentrationen der entstehenden Stoffe (Reaktionsprodukte) dividiert durch das Produkt der Konzentrationen der Ausgangsstoffe beim Gleichgewicht für jede Reaktion einen konstanten Zahlenwert ergibt, der als Gleichgewichts- oder Massenwirkungskonstante K bezeichnet wird. Verläuft in einem (homogenen oder heterogenen) System eine Reaktion $\alpha A + \beta B + \dots \rightleftharpoons \mu M + \nu N + \dots$ (wobei A, B ... = Ausgangsstoffe, M, N ... = Reaktionsprodukte, α, β, \dots und μ, ν, \dots = Molzahlen), so gilt

$$\frac{c_M^\mu \cdot c_N^\nu \dots}{c_A^\alpha \cdot c_B^\beta \dots} = K_c,$$

wobei $c_A, c_B, c_M, c_N \dots$ = Konzentrationen der

Stoffe A, B, M, N ... Als Konzentrationsmaße werden auch die Molbruchteile x oder (besonders bei technischen Gasreaktionen) die Partialdrücke p_i der Reaktionsteilnehmer verwendet. Es ergeben sich dann K_x bzw. K_p . Bei Abweichungen vom idealen System, z. B. bei realen Gasen, muß man an Stelle der Konzentrationen die Aktivitäten a einsetzen und erhält K_a .

K ist nach den van't Hoff'schen Gleichungen abhängig von Druck und Temperatur. Lediglich K_p ist unabhängig vom Druck, ansonsten ist bei konstanter Temperatur die Druckabhängigkeit gegeben durch $\left(\frac{\partial \ln K_a}{\partial p}\right)_T = -\frac{\Delta V}{RT}$, wobei V = Volumenänderung für einen Formelmolumsatz, R = Gaskonstante und T = absolute Temperatur. Die Temperaturabhängigkeit ergibt sich aus

der van't Hoff'schen Reaktionsisobaren: $\left(\frac{\partial \ln K_a}{\partial T}\right)_p = \frac{\Delta H}{RT^2}$, wobei ΔH = Reaktionsenthalpie (Reaktionswärme bei konstantem Druck).

Qualitativ wird der Einfluß von Druck und Temperatur auf das chemische Gleichgewicht durch das → Le-Chatelier-Braun'sche Prinzip (Prinzip des kleinsten Zwanges) beschrieben. Bei exothermen Reaktionen wird das Gleichgewicht bei Temperaturerhöhung zuungunsten, bei endothermen Reaktionen zugunsten der entstehenden Stoffe verschoben. Bei einer Reaktion mit Volumenverminderung führt Druckerhöhung zur verstärkten Bildung der entstehenden Stoffe. So ist es z. B. beim Ammoniakgleichgewicht am günstigsten, wenn man bei hohen Drücken und tiefen Temperaturen arbeitet. Da bei tiefen Temperaturen die Reaktionsgeschwindigkeit stark sinkt und die Einstellung des Gleichgewichts verzögert wird, benutzt man in solchen Fällen Katalysatoren.

Die Gleichgewichtskonstanten lassen sich durch Integration der van't Hoff'schen Gleichung berechnen, wenn die Konstante für eine Reaktion bei einer Temperatur bekannt ist. Absolutwerte von Konstanten erhält man aus der freien Enthalpie bei Standardbedingungen der Reaktion. Andere Berechnungen beruhen auf der Kenntnis der spezifischen Wärme und der Temperaturabhängigkeit.

Das M. spielt in allen Bereichen der Chemie eine große Rolle. Es beschreibt unter anderem die Gleichgewichte beim Fäll- und Auflösen von Niederschlägen, die Löslichkeitsbeeinflussung von Salzen durch zugesetzte Elektrolyte, die Bildung von Komplexionen, den Zusammenhang zwischen pH und pOH , die Wirkungsweise von Pufferlösungen und die Beeinflussung der Ausbeute von Reaktionen durch Variation der Bedingungen.

Masseprozent, → Konzentration.

Massepunkt, in der Physik eine in einem geometrischen Punkt zusammengeballt gedachte Masse; praktisch ein Körper, der so klein ist, daß seine Ausdehnung gegen die betrachteten Entfernungen vernachlässigt werden kann. Jeder Körper, der eine reine → Translation ausführt, kann durch einen M. in seinem → Schwerpunkt ersetzt werden.

Masseträgheitsmoment, → Trägheitsmoment.

Massenzahl, die Gesamtzahl der Nukleonen, d. h. der Protonen und Neutronen, im Atomkern.

Massicot, Blei(II)-oxid, → Blei.

Massivbau, eine Bauweise, bei der alle tragenden Wände und Decken aus Natur- oder Kunststein, auch aus Beton oder Stahlbeton hergestellt sind. Anwendung hauptsächlich im Tiefbau (z. B. Brücken-, Talsperrenbau), Hochbau und Industriebau.

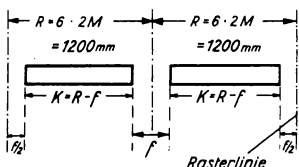
Massivumformen, das Umformen kompakter Körper, z. B. gegossener Blöcke, gewalzter Voll- oder Hohlstränge oder Strangabschnitte, zu massiven Werkstücken durch überwiegende Wirkungen von Druckspannungen. Verfahren des M.s sind z. B. Freiformschmieden, Gesenkschmieden, Vollprägen, Elektrostauchen, Rundkneten, Fließpressen, Strangpressen, Strangziehen und Walzen.

Maßordnung, die Bemessungsgrundlage für die Projektierung von Bauwerken und für die Abmessungen von Bauteilen und Bauelementen. Die M. muß den Belangen der Produktion, den Eigenschaften der Baustoffe sowie den physischen Kräften der Menschen und der Leistungsfähigkeit der Baumaschinen entsprechen. Das **Grundmaß** (Grundeinheit) muß mit dem Meter-System im Zusammenhang stehen und rechnerisch leicht zu erfassen sein. Die M. im Bauwesen (nach TGL 8471, Baustandardmaß) beruht auf dem Dezimetersystem (10 cm = Grundeinheit = Modul M). Auf der Grundeinheit werden die Baustandardmaße bzw. die Abmessungen der Bauelemente oder Bauwerke aufgebaut. Im Zusammenhang mit der M. im Bauwesen (TGL 8471) stehen die DDR-Standards TGL 8472 (Systemlinien in Gebäuden) und TGL 8473 (Vorzugsmaße für Gebäude).

Baustandardmaß ist ein Maß einer Maßreihe, z. B. 600 mm = 6 · M (M = 100 mm) = Grundreihe; 3 · 2M = Vorzugsreihe für Wohnungsbau, auch = 2 · 3M.

Baurichtmaß ist ein theoretisches Maß auf der Grundlage der Baustandardmaße. Es wird von Rasterlinien (→ Systemlinien, → Raster) begrenzt und gibt den für ein Bauelement oder für ein Gebäude vorgesehenen Raum an.

Konstruktionsmaß ist das Maß zur Größenbezeichnung des Bauelementes. Es entspricht bei einem fugenlosen Bau (monolithischer Beton) dem Baurichtmaß; bei Einzelteilen, die mit einer Fuge gestoßen werden, entspricht es dem Baurichtmaß abzüglich der Fuge.



Maßordnung. R Baurichtmaß, K Konstruktionsmaß, f Fuge (z. B. zwischen zwei Großblöcken), $f = 2 \cdot \frac{1}{10} M$ (Kleinstmaßreihe), M = Modul = 100 mm

Vorzugsmaße für Gebäudetiefe, Achsabstände (Skelett) und Gebäudehöhen sind für Wohn-, Industrie- und landwirtschaftliche Nutzbauten festgelegt, sie sind ein Vielfaches der Vorzugsreihen.

Maßstab, 1) Meßtechnik: **Strichmaßstab**, **Strichmaß**, das einfachste Meßmittel zum Messen von Längen, ein prismatischer Stab aus Stahl, Hartholz oder Plast, der auf einer oder beiden Seitenflächen eine Strichteilung trägt. Die im Maschinen- und Feingerätebau üblichen Maßstäbe (vorwiegend Stahlmaßstäbe) werden nach TGL 15041 in verschiedene Genauigkeitsklassen eingeteilt entsprechend dem zulässigen Fehler der Strichteilung. Maßstäbe der feineren Genauigkeitsklassen werden zum Prüfen von Maßstäben der nachgeordneten Klassen (**Arbeitsmaßstäbe**) verwendet. Bei Arbeitsmaßstäben, mit denen Längenmessungen durch einfaches Anlegen an den Meßgegenstand und Ablesen mit bloßem Auge ausgeführt werden, darf der Teilstrichabstand nicht kleiner als 0,8 mm sein, damit noch die Zehntelmillimeter ohne Anstrengung des Auges geschätzt werden können.

2) das Längenverhältnis einer Zeichnung gegenüber dem Objekt. Bei Landkarten ist der **Kartenmaßstab** das lineare Verkleinerungsverhältnis der Karte gegenüber der Natur. In der üblichen Schreibweise 1:100000 bedeutet 1 cm auf der Karte = 100000 cm (1 km) in der Natur. 1:1000 bis 1:100000 sind große (topographische) Maßstäbe, 1:100000 bis 1:1 Million sind mittlere Maßstäbe, 1:1 Million und kleiner sind kleine (chorographische) Maßstäbe. Die topographischen Maßstäbe werden auch nach der Kartenstrecke bezeichnet, der 1 km in der Natur entspricht (1:100000 als 1 cm-Karte; 1:25000 als 4 cm-Karte, 1:200000 als $\frac{1}{2}$ cm- oder 5 mm-Karte). Auf englischen Karten wird angegeben, wieviel Meilen (statute mile = 1609,3 m) 1 inch (= 25,4 mm) auf der Karte entsprechen (one-inch-map: 1 Meile auf 1 inch verkleinert, 1:63360).

Maßsynthese, **Konstruktionslehre der Getriebe**, **quantitative Getriebelehre**, **Synthese der Getriebe**, die Bestimmung der Gliedgrößen von Kurbelgetrieben mittels geometrischer Konstruktionen oder rechnerischer Verfahren, um ein vorgegebenes Bewegungsgesetz zu erfüllen, bestimmte Kräfte oder Momente zu erzeugen und zu übertragen oder vorgeschriebene Geschwindigkeits- bzw. Beschleunigungsverhältnisse zu verwirklichen.

Maßtoleranz, **Bauteiltoleranz**, die zulässige Maßabweichung von dem festgelegten Konstruktionsmaß (→ Maßordnung) eines Bauelementes (z. B. eines Großblocks, einer Platte oder eines Mauerziegels) zur Gewährleistung der Maßhaltigkeit. Besonders wichtig ist die M. für die → Montagebauweise.

Lit. TGL 7255 M.en im Bauwesen.

Maßverkörperung, → Meßmittel.

Maßzahl, 1) swv. → Zahlenwert. 2) → Farbmetrik.

Mast, 1) Schiffbau: ein Rohr aus Stahl oder Leichtmetall oder ein Rundholz. Es trägt als **Signalmast** die Signaleinrichtungen, z. B. Laternen, Antenne, Flaggleinen. Der **Lademast** dient zur Anbringung der Ladebäume (→ Ladegeschirr), der **Segelmast** auf Segelschiffen als Hauptträger der Takelage. Große M.en werden meist aus mehreren Blechhalbschalen zusammengebaut. Kleine Segelmasten bestehen aus einem Stück (**Pfahlmast**); große setzen sich aus einem Untermast und einer oder zwei **Stengen** (Mars-, Bramstenge) zusammen. Kurze Lademasten ohne Stenge bezeichnet man als **Ladepfosten**. Manche modernen Schiffe haben **Zweibeinmasten**, Kriegsschiffe mitunter **Dreibeinmasten**. Auf Frachtschiffen ordnet man oft Doppelmasten und -ladepfosten an. Das untere Ende eines Mes heißt **Mastfuß**, das obere **Masttopp**. M.en können frei stehend, durch Wanten und Stage verspannt oder (auf Binnenschiffen) als Klappmasten ausgeführt sein.

2) Elektroenergieversorgung: → Freileitung.

Mastenbauweise, eine vorwiegend für landwirtschaftliche Nutzbauten und ebenerdige Lagerhallen angewendete Bauweise im Hochbau. Vorgefertigte Stahlbetonstützen werden mit Hilfe eines Autokranes in vorgebohrte Erdlöcher auf eine Grundplatte, die vorher genau einnivelliert wurde, eingelassen, abgesetzt und ausgerichtet. Das Bohrloch wird mit Ortbeton verfüllt. Auf die Masten werden die Dachbinder aus Holz oder Metall montiert und befestigt.

Mastikation, → Kautschuk.

Mastkran, → Ladegeschirr.

Masurium, → Technetium.

Mater f, eine dünne mehrschichtige Pappe (z. T. auch aus einzelnen Seidenpapierbogen mit Stärkekleister zusammengeklebt) oder eine Platte aus Plast, in die Schriftsatz oder Originaldruckplatten

Materialkonstanten

eingepägt werden, um einen Abguß davon herzustellen zu können (→ Stereotypie). Nach dem Einprägen des Satzes spricht man von → Matrize. **Materialkonstanten**, Größen, die physikalische Eigenschaften von Stoffen charakterisieren, wie Dichte, Elastizität, Bruchfestigkeit, Wärmeleitvermögen, elektrische Leitfähigkeit, Brechungsindex, Dielektrizitätskonstante, Permeabilität u. a. Die M. sind meistens keine Konstanten im strengen Sinn des Wortes, sondern hängen von den Zustandsgrößen (Temperatur, Druck u. a.) ab. Die Kenntnis der M. ist wichtig zur Beurteilung der Verwendbarkeit der betreffenden Stoffe für bestimmte Zwecke. Andererseits lassen sich aus den M. und deren Abhängigkeit von Druck, Temperatur usw. wertvolle Rückschlüsse auf die Struktur des Materials ziehen.

Lit. d'Ans, Lax, Synowitz: Taschenb. für Chemiker und Physiker, 2 Bde (Berlin, Heidelberg, New York, Bd 1 3. Aufl. 1967, Bd 2 3. Aufl. 1984); Kohlrausch: Praktische Physik (20. Aufl. Leipzig 1955); Landolt-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik, Technik (6. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg ab 1951; Tabellenwerk).

Materialprüfung, → Werkstoffprüfung.

Materie, „philosophische Kategorie zur Bezeichnung der objektiven Realität, die dem Menschen in seinen Empfindungen gegeben ist, die von unseren Empfindungen ... abgebildet wird und unabhängig von ihnen existiert“ (Lenin). In der Physik wird der Begriff M. häufig einschränkend nur für ruhmasebehaftete M. (→ Ruhmasse) gebraucht, z. B. für Elektronen, Protonen und aus ihnen zusammengesetzte Gebilde, nicht aber für ruhmasefreie M., wie Photonen oder elektromagnetische Felder. Ruhmassebehaftete und ruhmasefreie M. sind ineinander umwandelbar, → Paarbildung, → Äquivalenzprinzip. Zu den ruhmasebehafteten → Elementarteilchen gehören vor allem die Leptonen, Mesonen und Nukleonen.

Von den Nukleonen ausgehend, gelangt man in verschiedenen Stufen zu immer stärker organisierten Formen der M. Zunächst bilden die Nukleonen beim Annähern bis auf 10^{-13} cm infolge der Kernkräfte die Atomkerne. Aus diesen und einer Elektronenhülle entstehen die Atome mit Abmessungen von etwa 10^{-8} cm; zwischen Kern und Hülle wirkt die Coulombkraft. Die Atome sind wiederum zu Molekülen mit einer Abmessung von etwa 10^{-8} cm vereinigt. Sie werden durch die chemischen Bindungskräfte (→ Bindung) zusammengehalten. Organische Moleküle können sich weiter zu → Makromolekülen zusammenschließen. Aggregationen von vielen Molekülen sind die → Kolloide als Teilchen der Abmessungen 10^{-7} bis 10^{-8} cm.

Atome und Moleküle ohne wesentliche Wechselwirkungen bilden die → Gase. Um die physikalische Beschreibung zu vereinfachen, kann man Teilchen betrachten, die außer kurzzeitigen Stößen überhaupt keine Wirkungen aufeinander ausüben; diese stellen die idealen Gase dar. Sonderfälle von Gasen sind das Elektronengas im Metallgitter und das Photonengas in einem strahlenden Hohlraum. Spielen in einem Gas geladene Teilchen eine wesentliche Rolle, so nennt man es → Plasma.

Das Gegenstück zum idealen Gas ist der ideale → Festkörper, in dem alle Bausteine unverrückbar fest in der regelmäßigen Gitterstruktur eines Einkristalls angeordnet sind. Dazwischen gibt es vielerlei Übergänge, die über den Realkristall, den mikrokristallinen Festkörper, den amorphen Körper zu den zähen und schließlich zu den idealen → Flüssigkeiten, d. s. Flüssigkeiten ohne innere Reibung, führen.

Die Stoffe erscheinen also in mannigfaltigen Formen, wobei die Bausteine immer die gleichen sind. Bei der makroskopischen Betrachtungsweise

werden die Stoffe durch bestimmte Kenngrößen charakterisiert. Der reine, homogene Stoff wird bestimmt durch 1) mechanische Eigenschaften: Gleitmodul und Kompressibilität; 2) thermische Eigenschaften: Ausdehnungskoeffizient und spezifische Wärme; 3) elektrische und magnetische Eigenschaften: Dielektrizitätskonstante, Permeabilität und elektrische Leitfähigkeit; 4) optische Eigenschaften: Brechungsindex und Absorptionsvermögen; 5) Transportgrößen: Zähigkeit, Wärmeleitfähigkeit und (Selbst-)Diffusionskoeffizient. Die anderen Eigenschaften (Dichte, Schallgeschwindigkeit, Entropie, Refraktion u. a.) lassen sich im wesentlichen aus den genannten Eigenschaften herleiten. Zur vollständigen Kenntnis des Verhaltens der Stoffe gegenüber äußeren Einwirkungen (Kräfte, Wärme, Elektrizität, Licht) ist die Abhängigkeit der angeführten Kenngrößen von Druck und Temperatur und bei Lichteinwirkung auch von der Frequenz erforderlich. (Bei Kenntnis der Frequenzabhängigkeit lassen sich die Größen der Gruppe 4 teilweise auf die der Gruppe 3 zurückführen.)

Komplizierter gebaute Systeme bestehen oft aus einer Anzahl homogener Bereiche, den → Phasen. Enthält eine Phase nur einen einzigen Stoff, so heißt sie reine Phase, sonst (z. B. Lösungen) Mischphase. Zur Beschreibung des Verhaltens solcher Formen der M. sind weitere Kenngrößen notwendig. Bei Mischphasen sind das z. B. ρ H-Wert, Mischungswärme und Verdünnungswärme. Zwei Phasen werden jeweils durch eine Grenzfläche getrennt; zu ihrer Kennzeichnung dienen z. B. Oberflächenspannung und elektrische Grenzflächenpotentiale. Phasenübergänge werden unter anderem durch Schmelzwärmen und Verdampfungswärmen beschrieben, chemische Gleichgewichte durch Reaktionswärmen und Gleichgewichtskonstanten, chemische Reaktionen durch Geschwindigkeitskonstanten und Aktivierungsenergien.

Damit ist eine große Anzahl von Größen gewonnen, die makroskopisch das Verhalten der ruhmasebehafteten M. beschreiben. Ziel der Forschung ist es, diese Größen auf Eigenschaften der atomaren Bausteine zurückzuführen. So ist z. B. der Ausdehnungskoeffizient durch Unsymmetrien in den Schwingungen der Bausteine im Gitter zu erklären; die spezifische Wärme hängt mit der Zahl der Freiheitsgrade der Atome zusammen; Brechungsindex und Absorptionsvermögen lassen sich auf molekulare Eigenschwingungen zurückführen. Mit diesem Problemkreis beschäftigt sich die statistische Thermodynamik und die physikalische Chemie, → molekular-kinetische Theorie der Materie, → statistische Mechanik.

Lit. Houwink: Elastizität, Plastizität und Struktur der M. (3. Aufl. Dresden, Leipzig 1958).

Materiewellen, de-Broglie-Wellen, nach der → Wellenmechanik den bewegten Teilchen zugeordnete Wellen. Ihr Amplitudenquadrat an einem bestimmten Ort ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, das zugeordnete Teilchen dort anzutreffen. Ein Beweis für die Richtigkeit dieses Wellenbildes der Teilchen ist die Beugung von Elektronen- und Atomstrahlen.

Lit. v. Laue: M. und ihre Interferenzen (2. Aufl. Leipzig 1948).

Materik, eip → Anflug- und Landesystem.

Mathematik, ursprünglich die aus den praktischen Aufgaben des Zählens, Rechnens und Messens hervorgegangene Lehre, die sich mit der Verknüpfung und den wechselseitigen Beziehungen von Zahlen und Figuren befaßte. Dieser Aufgabenbereich hat sich im Laufe der Zeit ständig erweitert. So wie die Elemente mathematischen Denkens unmittelbar aus den gesellschaftlichen Bedürfnissen hervorgegangen sind, so steht auch

die Weiterentwicklung der M. unmittelbar oder mittelbar im Zusammenhang mit der gesellschaftlichen Praxis. Es bildeten sich neue Methoden und Begriffe heraus, neue mathematische Theorien entstanden sowohl auf Grund der direkten Bedürfnisse, z. B. von Naturwissenschaft und Technik, als auch als Ergebnis einer starken innergesetzlichen Entwicklung der M. selbst. Die Objekte der neueren mathematischen Forschung weisen nur noch wenige Eigenschaften des ursprünglichen Zahl- und Raumbegriffs auf. Es wird weitgehend von der inhaltlichen Bedeutung der betrachteten Dinge abstrahiert, und die Untersuchung von strukturellen und funktionellen Beziehungen wird zum eigentlichen Gegenstand der M., wobei man mit Zeichen (Symbolen) ohne individuelle Eigenschaften

arbeitet. Man bedient sich eines formalen Zeichensystems (oft auch als Symbolsystem bezeichnet), das über verschiedene Abstraktionsebenen mit den Dingen und Erscheinungen der materiellen Welt in Verbindung steht. Charakteristisch für die moderne M. ist ein hoher Abstraktionsgrad. Das hat nicht nur zur Entwicklung einer großen Anzahl neuer mathematischer Disziplinen geführt, sondern auch die mathematische Durchdringung der modernen Naturwissenschaften entscheidend gefördert.

In den letzten Jahrzehnten ist im Aufbau der M. eine grundlegende Wandlung eingetreten. An Stelle der traditionellen Einteilung mathematischer Gebiete, z. B. in Geometrie, Arithmetik, Differentialrechnung usw., ging man immer mehr dazu über, die neu entwickelten Theorien, z. B.

Mathematische Zeichen

+	plus (und)	g	Neugrad, Gon	∞	unendlich
—	minus (weniger)	c	Neuminate	\rightarrow	gegen, nähert sich, strebt nach, konvergiert nach
· oder \times	mal	cc	Neusekunde	lim	Limes, Grenzwert
: oder —	geteilt durch	rad	Radian	(a, b)	offenes Intervall
oder /		r	Radius	[a, b]	abgeschlossenes Intervall
%	Prozent, Hundertstel, vom Hundert	d	Durchmesser	Δf	Delta f
‰	Promille, Tausendstel, vom Tausend	$\pi = 3,14159 \dots$	Pi (Ludolfische Zahl)	d	vollständiges Differential
/	je, pro, in, für, auf	\overline{AB}	Strecke AB	∂	partiell Differential
...	und so weiter bis, und so weiter unbegrenzt	\widehat{AB}	Bogen AB	δ	(Delta) Zeichen für Variation
() [] {}	runde, eckige, geschweifte Klammern auf, zu (für zusammengehörigen Rechenausdruck)	$\sqrt[n]{}$	n-te Wurzel aus	Σ	Summe
,	Komma	$\sqrt{-1}$ (imaginäre Einheit)	$\sqrt{-1}$ (imaginäre Einheit)	Π	Produkt
	Betrag von	log	Logarithmus (allgemein)	$f(x)$	f von x (Funktion von x)
=	gleich	lg	Logarithmus zur Basis a	$f'(x)$	f Strich von x
\equiv	identisch	lg	gewöhnlicher (Briggsscher, dekadischer) Logarithmus	$f''(x)$	f zwei Strich von x
\neq	ungleich, verschieden von	ln	natürlicher Logarithmus (Basis e)	$\frac{dy}{dx}$	dy nach dx (Differentialquotient)
\neq	nicht identisch	e = 2,71828 ...	Eulersche Zahl (Basis der natürlichen Logarithmen)	\int	Integral
\sim	proportional oder ähnlich	arc $\alpha, \hat{\alpha}$	Arkus von α , Winkel α im Bogenmaß	$\int f(x) dx$	Integral (über) f(x) dx (unbestimmtes Integral)
\approx	angenähert, nahezu gleich (rund, etwa)	sin	Sinus	$\int_a^b f(x) dx$	Integral (über) f(x) dx von a bis b (bestimmtes Integral)
\triangleq	entspricht	cos	Kosinus	\oint	Randintegral, Hüllenintegral
$>$	größer als	tan	Tangens	Im allgemeinen bezeichnet man mit:	
$<$	kleiner als	cot	Kotangens	a, b, c, ...	bekannte Zahlen, Koeffizienten, Linien
\geq	größer oder gleich, mindestens gleich	arcsin	Arkussinus	x, y, z oder u, v, w	Unbekannte, Variable, Koordinaten
\leq	kleiner oder gleich, höchstens gleich	arccos	Arkuskosinus	U oder u	Umfang
\gg	groß gegen	arctan	Arkustangens	A, F	Flächeninhalt
\ll	klein gegen	arccot	Arkuskotangens	O	Oberfläche
	parallel	sinh, sh, Sh	Hyperbelsinus	V	Volumen
\nparallel	nicht parallel	cosh, ch, CoSh	Hyperbelkosinus	M	Mantelfläche
\nparallel	gleich und parallel	tanh, th, Tan	Hyperbeltangens	G	Grundfläche
$\uparrow\uparrow$	gleichsinnig parallel	coth, cth, CoT	Hyperbelkotangens	g	Grundlinie
$\uparrow\downarrow$	gegensinnig parallel	arsinh	Areasinus	h	Höhe
\perp	rechtwinklig zu, senkrecht auf	arcosh	Areakosinus	m	Mittellinie
\cong	kongruent	artanh	Areatangens	$\alpha, \beta, \gamma, \dots$	Winkel
\triangle	Dreieck	arcoth	Areakotangens	A, B, C, ...	Punkte
\star	Winkel	grad	Gradient	$\alpha, \beta, \gamma, \dots$	Vektoren
\angle	rechter Winkel	rot	Rotor	$\vec{AB}, \vec{BC}, \dots$	Strecke von A nach B bzw. B nach C (gerichtet)
°	Grad	div	Divergenz	i, j, k	Einheitsvektoren
'	Minute	!	Fakultät		
''	Sekunde	$\binom{n}{p}$	n über p, Binominalkoeffizient		

der geordneten Mengen, der Gruppen, Ringe, Körper, der Vektorräume, der topologischen Räume usw., als Einteilungsprinzipien zu verwenden und somit die M. unter dem Gesichtspunkt der Struktur neu zu ordnen. In zunehmendem Maße befaßt sich die moderne M. mit der Untersuchung mathematischer Strukturen. In dieser allgemeinen Strukturtheorie spielen die Begriffe Relation und Abbildung, die ihrerseits wieder auf den Mengenbegriff zurückführbar sind, eine entscheidende Rolle. Nach moderner Auffassung läßt sich die gesamte M. auf den Begriff der Menge gründen. Mathematische Begriffe und Gesetze werden auf der Grundlage der allgemeinen Mengenlehre mit den Hilfsmitteln und Methoden der mathematischen Logik entwickelt. Damit wurde eine Vereinheitlichung und Präzisierung der mathematischen Denkweise erreicht, die vorher nicht möglich war.

Alle streng aufgebauten mathematischen Theorien gehen von bestimmten Grundaussagen, den \rightarrow Axiomen, aus, aus denen sich alle übrigen Aussagen als Sätze logisch herleiten lassen. Das erste Mal wurde ein axiomatisch-deduktiver Aufbau der M. in den Elementen des Euklid gegeben. Von den weiteren Versuchen, bestimmte Gebiete der M. zu axiomatisieren, sind hervorzuheben der Aufbau des Systems der natürlichen Zahlen durch die Axiome von Peano (1889) und besonders das berühmte Axiomensystem Hilberts (1899), mit dem ein strenger Aufbau der euklidischen Geometrie erreicht wurde. Ferner gelang es Kolmogorow (1933), eine axiomatische Begründung der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu geben. Charakteristisch für die moderne M. ist das Bestreben, alle ihre Gebiete zu axiomatisieren.

Die M. ist wohl die älteste Wissenschaft überhaupt. Seit Beginn ihrer Entwicklung steht sie in enger Wechselbeziehung zur Philosophie. Das zeigte sich besonders bei den Untersuchungen über die Grundlagen der M., ein Problem, das Mathematiker und Philosophen zu allen Zeiten beschäftigt hat. Vor allem in den letzten Jahrzehnten hat sich die M. intensiv um die Klärung und Überprüfung ihrer eigenen Grundlagen bemüht. Es entwickelte sich das wichtige Gebiet der mathematischen Grundlagenforschung, das sich mit den logischen und philosophischen Voraussetzungen der M. befaßt. In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts traten, insbesondere im Zusammenhang mit der Mengenlehre, Antinomien in der M. auf, die den Anlaß zu einer Überprüfung ihrer Grundlagen gaben. Dabei entstanden innerhalb der M. verschiedene Richtungen, z. B. der Logizismus (Frege, Russell), der Intuitionismus (Brouwer, Weyl), der Formalismus (Hilbert), die jedoch jede für sich nicht zur befriedigenden Lösung führten. Vielmehr konnte sich der klassische Grundlagenstandpunkt durchsetzen, der auf der mengentheoretisch-logischen Begründung der M. beruht und der auch der heute unter den Mathematikern vorherrschenden Auffassung am meisten entspricht.

Speziell die Ergebnisse der neueren mathematischen Grundlagenforschung lassen immer mehr erkennen, daß die M. im System der Wissenschaften eine zentrale Stellung einnimmt. Die Erkenntnis, daß die M. auf der Grundlage der allgemeinen Relationstheorie beruht, die wiederum auf die von Cantor begründete Mengenlehre zurückgeführt werden kann, läßt darauf schließen, daß nach und nach immer mehr Wissenschaftsgebiete dem Prozeß einer Mathematisierung unterliegen bzw. zugänglich gemacht werden können. Denn im Rahmen der allgemeinen Mengenlehre müßte es offenbar möglich sein, die Begriffsbildungen jeder Wissenschaft zu begründen und zu entwickeln.

Eine Einteilung der M. kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen. Der historischen Entwicklung gemäß spricht man von **Elementarmathematik** und **höherer M.**, wobei zur letzteren im allgemeinen die Gebiete gezählt werden, die mit den Hilfsmitteln der Infinitesimalrechnung arbeiten. Ferner unterscheidet man zwischen **reiner M.**, die die mathematischen Objekte für sich und ohne direkte Beziehung zur materiellen Welt untersucht, und **angewandter M.**, die besonders auf die Belange der Anwendungen ausgerichtet ist und die Ergebnisse der reinen M. benutzt, um die formalen Zusammenhänge zwischen den Dingen der Erfahrung aufzuklären und nutzbringend zu verwerten. Bei dieser Unterscheidung ist jedoch zu beachten, daß — besonders in der modernen M. — die Grenze zwischen reiner und angewandter M. fließend ist. Die Rolle und die Bedeutung der mathematischen Methoden in den einzelnen Anwendungsgebieten ist sehr unterschiedlich und zudem entwicklungsbedingten Veränderungen ausgesetzt. Hauptanwendungsgebiete der M. sind z. B. Physik, Chemie, Astronomie, Kybernetik, Statistik und insbesondere die technischen Wissenschaften. Jedoch gewinnt auch die Anwendung der M. auf die Gesellschaftswissenschaften immer mehr an Bedeutung.

Eine weitere, noch viel verwendete Einteilung der M. ist die traditionelle Aufteilung in ihre großen Hauptgebiete \rightarrow Algebra, \rightarrow Analysis und \rightarrow Geometrie, die wiederum in einzelne, z. T. selbständige Teilgebiete und Disziplinen aufgegliedert sind. Eine Sonderstellung nehmen dabei Mengenlehre und Grundlagenforschung ein, die alle Gebiete durchdringen. Da die einzelnen Teilgebiete der M. entwicklungsbedingten Veränderungen ausgesetzt sind, die sich auch auf Umfang und Abgrenzung erstrecken, ist eine klare Trennung zwischen den Gebieten vielfach nicht möglich. Vielmehr gibt es häufig Überschneidungen, die in der Folge z. T. auch zur Entstehung neuer Zwischendisziplinen führen. Deshalb geht man in der modernen M. immer mehr dazu über, die Einteilung nach den betrachteten mathematischen Strukturen vorzunehmen, wobei man (nach Bourbaki) folgende Grundstrukturen unterscheidet: Ordnungsstrukturen (geordnete Mengen), algebraische Strukturen (algebraische Gebilde, in denen Verknüpfungen gegeben sind, z. B. Gruppen, Ringe, Körper, Vektorräume) und topologische Strukturen. Durch Koppelung von Grundstrukturen gelangt man zu den multiplen Strukturen.

Die Entwicklung der M. und die Mathematisierung der anderen Wissenschaften stehen in enger Wechselbeziehung zur gesellschaftlichen Praxis und zum Entwicklungsstand der Produktivkraft. Die M. trägt entscheidend dazu bei, daß auch die Wissenschaft und damit die M. selbst immer mehr zur unmittelbaren Produktivkraft werden.

Lit. Bartsch: Mathematische Formeln (4. Aufl. Leipzig 1962); Baule: Die M. des Naturforschers und Ingenieurs, 8 Bde (Leipzig 1962–1965); Bronstein u. Semendjajew: Taschenb. der M. (dtsch. 6. Aufl. Leipzig 1963); Cantor: Vorlesung über Geschichte der M., 4 Bde (Neuauf. Leipzig 1913–1924); Gäbler: M. und Leben, 2 Bde (Leipzig 1965); Görke: Mengen, Relationen, Funktionen (Berlin 1965); Holtmann: M., 2 Bde (Leipzig 1963/64); Joos u. Kaluza: Höhere M. für den Praktiker (dtsch. 10. Aufl. Leipzig 1964); F. Klein: Vorlesungen über die Entwicklung der M. im 19. Jahrhundert, 2 Bde (Berlin 1926/27); Lenz: Grundlagen der Elementarmathematik (Berlin 1961); Margenau u. Murphy: Die M. für Physik und Chemie (dtsch. Leipzig 1964); Mangoldt u. Knopp: Einführung in die höhere M., 3 Bde (Leipzig 1963–1965); Naas u. Schmid: Mathematisches Wörterbuch (2. Aufl. Leipzig 1962); Obádovics: Taschenb. der Elementarmathematik (dtsch. Leipzig 1962); Rothe: Höhere M. für Mathematiker, Physiker, Ingenieure, 5 Tle (Leipzig 1962 bis 1965); Ringleb: Mathematische Formelsammlung (Berlin 1956); Simon u. Stahl: M. (2. Aufl. Leipzig 1965); Sirk/Draeger: M. für Naturwissenschaftler und Chemiker

(9. Aufl. Dresden 1963); Smirnow: *Lehrgang der höheren M.*, 5 Tle (dtsch Berlin 1962–1964); Struik: *Abriß der Geschichte der M.* (dtsch 3. Aufl. Berlin 1965); Thompson: *Höhere M.* – und doch verständlich (dtsch 10. Aufl. Leipzig 1956); Willers: *Elementar-Mathematik* (12. Aufl. Dresden 1965); *Enzyklopädie der Elementarmathematik*, Bd 1: *Arithmetik* (2. Aufl. dtsh Berlin 1964), Bd 2: *Algebra* (1956), Bd 3: *Analysis* (1958); *Kleine Enzyklopädie M.* (Leipzig 1965); M. für die Praxis, 3 Bde (2. Aufl. Berlin 1965); Felix: *Elementarmathematik in moderner Darstellung* (2. Aufl. Leipzig 1968). Ztschr. *Mathematische Nachrichten* (Berlin); Ztschr. für *mathematische Logik und Grundlagen der M.* (Berlin); Ztschr. für *angewandte M. und Mechanik* – ZAMM (Berlin).

mathematische Geräte, Hilfsmittel zur Durchführung von Rechenoperationen. Entsprechend der Möglichkeit, eine mathematische Größe entweder als Zahl (ziffernmäßig, digital) oder durch eine ihr analoge Größe darzustellen, unterscheidet man zwischen **mathematischen Instrumenten** oder → **Analogrechnern** und **mathematischen Maschinen** oder → **Digitalrechnern**.

Lit. Meyer zur Capellen: *Mathematische Instrumente* (Leipzig 1949); Willers: *Mathematische Maschinen und Instrumente* (Berlin 1951).

Matrix *f*, *Plur.* die Matrizen, in der Mathematik ein rechteckiges Schema von $m \cdot n$ Elementen (Zahlen, Funktionen u. dgl.), dargestellt in der Form

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad \text{oder} \quad \left\| \begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{array} \right\|$$

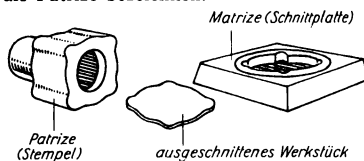
bestehend aus m Zeilen und n Spalten (*Kolonnen*). Im allgemeinen sind die Elemente einer M. zur Kennzeichnung ihrer Stellung im Schema mit Doppelindizes versehen, wobei der erste Index die Zeile, der zweite die Spalte bezeichnet. Im Gegensatz zur → **Determinante** besitzt eine M. keinen Zahlenwert. In geeigneter Weise kann man jedoch auch für Matrizen Rechenoperationen (Addition, Multiplikation u. a.) erklären, bei denen allerdings nicht mehr alle für gewöhnliche Zahlen gültigen Rechenregeln erfüllt sind. In diesem Sinne kann man die Matrizen als hyperkomplexe Zahlen auffassen (→ **hyperkomplexes System**). Eine M., für die $m = n$ (d. h. Anzahl der Zeilen gleich Anzahl der Spalten) gilt, heißt **quadratisch von der Ordnung n** . In diesem Falle versteht man unter der Determinante der M. die aus den Elementen der M. gebildete Determinante. Die quadratischen Matrizen treten auf als Koeffizientenschemata der linearen → **Transformationen**. Eine praktische Anwendung finden die Matrizen in der Theorie der Systeme linearer Gleichungen. Für viele Gebiete der Mathematik und für die moderne theoretische Physik (insbesondere Quantenmechanik) sind die Matrizen von grundlegender Bedeutung. — Die **Matrizenrechnung** befaßt sich mit der Untersuchung der Eigenschaften, der Struktur und der rechnerischen Verknüpfung von Matrizen.

Lit. Dietrich und Stahl: *Grundzüge der Matrizenrechnung* (3. Aufl. Leipzig 1965); Gantmacher: *Matrizenrechnung*, Tl 1 (dtsch 2. Aufl. Berlin 1965), Tl 2 (dtsch Berlin 1959); Jung: *Matrizen und Determinanten* (4. Aufl. Leipzig 1953); Kochendörffer: *Determinanten und Matrizen* (4. Aufl. Leipzig 1965); Zurmühl: *Matrizen* (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950).

Matrize, 1) graphische Technik: eine Metall-, Papier-, Wachs- oder Plastform, mit deren Hilfe die für das Drucken notwendigen Einzelbuchstaben, Stereos oder Galvanos hergestellt werden. Die M. in der **Schriftgießerei** und für den **Maschinensatz** ist ein Metallkörper mit vertieft eingepprägten Buchstabenbild. Bei den in herkömmlicher Weise arbeitenden **Photosetzmachines** sind die das Buchstabenbild tragenden M.n

lichtdurchlässig. In der **Stereotypie** ist die M. eine Abformung von Satz oder einer Originaldruckplatte in Maternpappe oder Plast, in der **Galvanoplastik** in Polyvinylchlorid, Blei, Zelluloid oder Wachs.

2) **Fertigungstechnik**: bei den – stets zweiteiligen – Umform- oder Schneidwerkzeugen dasjenige Teil (meist das Unterwerkzeug), in welches das Werkstück hineingedrückt wird. Das dazugehörige Gegenstück (meist das Oberwerkzeug) ist die **Patrize**. Bei Schneidwerkzeugen kann man die Schnittplatte als M., den Stempel als Patrize bezeichnen.



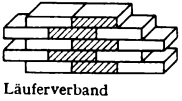
Schneidwerkzeuge

Matrizenmechanik, die von Heisenberg begründete moderne Form der → **Quantenmechanik**. Die M. verzichtet auf jede modellmäßige, anschauliche Beschreibung der Vorgänge im Atom. Den interessierenden physikalischen Größen (Impuls, Energie u. a.) werden Matrizen (→ **Matrix**) zugeordnet, mit denen man unter Beachtung bestimmter Vertauschungsregeln rein algebraische Rechnungen durchführt, welche die gewünschten Aussagen liefern. Da es sich um unendliche Matrizen handelt, werden die Rechnungen im allgemeinen nicht einfacher als die der mit analytischen Methoden arbeitenden → **Wellenmechanik**; → **Quantentheorie**.

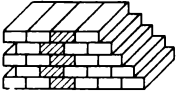
Mattieren, einer Oberfläche den Glanz nehmen (Glas, Metall, Textilien) oder einen matten bis mattglänzenden Schutzüberzug verleihen (Holz). Glas wird mit Flußsäure (Metallätzung, → **Ätzen**) oder durch Sandstrahlen (→ **Strahlen**) mattiert. Auf Metall erzielt man Oberflächen mit Mattkorn durch Sandstrahlen, Bearbeiten mit rotierenden Stahlbürsten (Mattschlagen) oder durch Einwirkung von Chemikalien (Mattbrenne, Mattbeize). Mattstrichoberflächen erhält man durch Behandlung mit Stahldrahtbürsten oder feinen Schleif- oder Poliermitteln (z. B. Bimsmehl). Um den Glanz von Textilien zu vermindern, wird ein Pigment, z. B. Titandioxid, bereits in die Spinnmasse feinverteilt eingelagert (**Spinnmattieren**) oder auf die fertigen Fasern, Garne oder Gewebe aufgelagert (**Nachmattieren**). Dabei werden nur mäßig waschbeständige Matteffekte erzielt. Beim waschenden M. (**Echtmattierung**) wird ein Polymerisat in fein verteilter Form auf der Faser gefällt und haftet fest an ihr. Bei Holz erzeugt man matte bis mattglänzende, nicht porengeschlossene, transparente Schutzüberzüge durch Auftragen von Mattine (Lösung von Natur- oder Kunstharzen, Ölen und Wachs) mit Ballen oder Pinsel, maschinell durch Spritzen, Gießen oder Walzen.

Mattscheibe, eine durch Sandstrahlen, Schleifen oder Ätzen einseitig mattierte Glasscheibe, die zum Auffangen reeller Bilder in optischen Geräten verwendet wird. In der Bildebene oder einer konjugierten Ebene bei Platten- bzw. Spiegelreflexkameras angeordnet, dient die M. z. B. zum Scharfeinstellen des Objektivs. Über rotierende M.n → **Doppelmikroskop**.

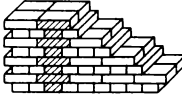
Mauerwerk, ein Baukörper, der nach den Regeln des Mauerverbandes (Fugenversatz) aus einzelnen Kunst- oder Natursteinen mit Mörtel oder ohne Mörtel (Trockenmauerwerk) zusammengefügt ist. Der Fugenversatz gewährleistet die Biegezugfestigkeit des M.s. Kunststeine sind Ziegel- und Betonsteine, Natursteine sind Kalkstein, Sand-

Mauken

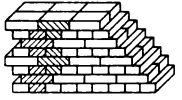
Läuferverband



Binderverband



Blockverband



Kreuzverband

stein, Granit, Syenit, Basalt, Basaltlava, Porphy u. a. Beim **Ziegelmauerwerk** unterscheidet man Zweckverbände und Zierverbände (für unverputztes M.; durch reiche Fugenvariationen verbesserte Sicht- und Flächenwirkung). **Zweckverbände** werden wie folgt eingeteilt: a) Beim **Läuferverband** (**Schornsteinverband**) sind alle Schichten Läuferschichten, die Steine (Läufersteine) liegen mit ihrer Längsachse parallel zur Mauerflucht. Der Läuferverband ist geeignet für 115 mm dicke Mauern und Verblendungen. b) Beim **Binderverband** (**Streckerverband**) sind alle Schichten Binderschichten, die Steine (Binder- oder Streckersteine) liegen senkrecht zur Mauerflucht. Der Binderverband ist geeignet für 240 mm dicke Mauern. c) Beim **Blockverband** wechseln Läufer- und Binderschichten. Die Stoßfugen (vertikale Fugen zwischen jeweils zwei Steinen in einer Schicht) der Läuferschichten und die der Binderschichten liegen jeweils senkrecht übereinander. Der Blockverband ist geeignet für Mauern, die einen oder mehrere Steine dick sind. Beim **Kreuzverband** wechseln Läufer- und Binderschichten ebenfalls ab, die Steine in der Läufer-schicht sind jedoch jeweils um einen halben Stein gegeneinander versetzt.

Lit. Frick u. Knöll: Baukonstruktionslehre, TI 1 (19. Aufl. Leipzig 1954); Kohl u. Bastian: Fachkunde für Maurer (Leipzig, TI 1 7. Aufl. 1953, TI II 6. Aufl. 1952); Peschke u. Faltin: Fachkunde für Maurer (Berlin, TI I 2. Aufl. 1954, TI II 3. Aufl. 1958); Das M. (2. Aufl. Berlin 1963).

Mauken, das längere Lagern von Ton oder keramischen Massen in feuchten Räumen (Masse- oder Maukeller), wodurch eine gleichmäßige Verteilung der Feuchtigkeit und Verbesserung der Verarbeitbarkeit erreicht wird.

Mauvein, → Azinfarbstoffe.

Maximum, 1) allgemein swv. Höchstwert, größter Wert.

2) Differentialrechnung: Eine (zweimal differenzierbare) Funktion $y = f(x)$ hat an der Stelle $x = a$ ein M., wenn in einer gewissen Umgebung der Stelle $x = a$, d. h. in einem Intervall $\alpha \leq x \leq \beta$, das den Punkt $x = a$ im Innern enthält, die Funktionswerte $f(x)$ für $x \neq a$ alle kleiner als $f(a)$ sind (die nebenstehende Figur lehrt, daß der Begriff des M.s einer Funktion relativ, nämlich nur in bezug auf ein bestimmtes Intervall zu verstehen ist). Die Funktion $f(x)$ besitzt an der Stelle $x = a$ ein (relatives) M., wenn die erste Ableitung $f'(x)$ an der Stelle $x = a$ verschwindet, d. h. $f'(a) = 0$ und gleichzeitig $f''(a) < 0$ ist. — Ein relatives Minimum liegt vor, wenn $f'(a) = 0$ und $f''(a) > 0$ ist.

Beispiel: Unter allen Rechtecken mit dem fest gegebenen Umfang U soll dasjenige mit dem größtmöglichen Flächeninhalt A bestimmt werden. Bezeichnet man eine Seite des Rechteckes mit x , so ergibt sich für den Flächeninhalt

$$A(x) = x \cdot \left(\frac{U}{2} - x \right) = \frac{U}{2}x - x^2. \text{ Die Gleichung}$$

$$A'(x) = \frac{U}{2} - 2x = 0 \text{ hat dann die eine Lösung}$$

$x = \frac{U}{4}$, und an dieser Stelle hat $A(x)$ auch ein M.; denn es gilt $F''(x) = -2 < 0$. Von allen Rechtecken mit demselben Umfang hat also das Quadrat den größten Flächeninhalt.

Maxwell, Kurzsz. M oder Mx, nicht mehr zulässige Einheit des magnetischen Flusses. 1 M = 1 G cm² (Gauß · Quadratcentimeter) = 10⁻⁸ Wb (Weber) = 10⁻⁸ Vs (Voltsekunde).

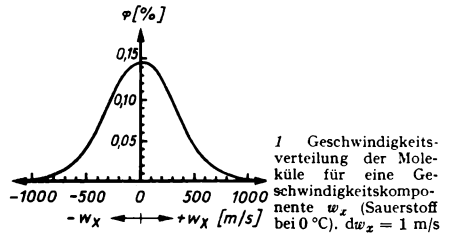
Maxwell-Boltzmann-Statistik, → statistische Mechanik.

Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung, beschreibt die Verteilung der Geschwindigkeiten von Molekülen eines Gases (→ kinetische Wärme-

theorie). Diese Moleküle haben auf Grund ihrer translatorischen Wärmebewegung Geschwindigkeiten, die sich infolge der Zusammenstöße der Moleküle ständig ändern. Über einen längeren Zeitraum betrachtet, stellt sich jedoch eine statistische Geschwindigkeitsverteilung ein, d. h. die Geschwindigkeiten häufen sich um einen Mittelwert. Hierbei stellt die Häufigkeit, mit der einzelne Gasmoleküle mit Geschwindigkeiten im Intervall w bis $w + dw$ auftreten, eine Funktion der Geschwindigkeit dar. Diese Funktion $f(w)$ wurde von J. C. Maxwell 1860 für ein einatomiges Gas, auf das keine äußeren Kräfte wirken, berechnet, später von L. Boltzmann verallgemeinert und trägt die Bezeichnung **Maxwellsches Geschwindigkeitsverteilungsgesetz**. Mit Hilfe von Ableitungen auf kinetischer Grundlage unter Heranziehung von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen erhält man zunächst das Verteilungsgesetz für eine Geschwindigkeitskomponente w_x :

$$\frac{dNw_x}{N_0} = \sqrt{\frac{M}{2\pi RT}} e^{-\frac{1}{2} \frac{Mw_x^2}{RT}} dw_x,$$

dabei ist dNw_x = Zahl der Moleküle, deren Geschwindigkeiten zwischen w_x und $w_x + dw_x$ liegen, N_0 = Gesamtzahl der Moleküle, M = Mol.-Gew., R = Gaskonstante, T = absolute Tempera-



tur. Die graphische Darstellung (Abb. 1), bei der als Abszisse die Geschwindigkeit w_x und als

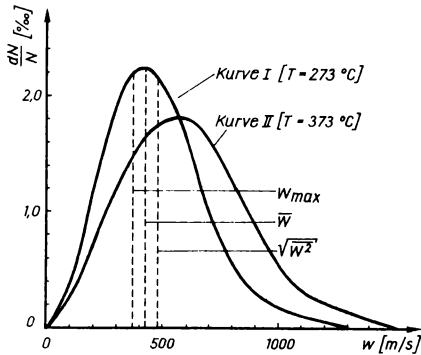
Ordinate die Häufigkeit $\varphi = \frac{dNw_x}{N_0 \cdot dw_x}$ gewählt werden, ergibt unter Berücksichtigung des Vorzeichens von w_x eine symmetrische Kurve. Das Maximum für $w_x = 0$ ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß bei den Zusammenstößen eine gegenseitige Kompensation der Stoßwirkungen am wahrscheinlichsten ist. Die Weiterführung der Betrachtung ergibt ein Gesetz für die Verteilung der Gesamtgeschwindigkeit ohne Berücksichtigung der jeweiligen Bewegungs-

richtung: $\frac{dNw}{N_0} = \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(\frac{M}{RT} \right)^3} e^{-\frac{1}{2} \frac{Mw^2}{RT}} w^2 dw$. $\frac{dNw}{N_0}$ ist das Verhältnis der Zahl der Moleküle mit einer Geschwindigkeit zwischen $w_x + dw_x$ zur Gesamtzahl aller vorhandenen Moleküle; in Abb. 2 als $\frac{dN}{N} (^\circ_{100})$ angegeben. Die graphische

Darstellung ergibt eine unsymmetrische Kurve, deren Maximum sich mit steigender Temperatur unter gleichzeitiger Abflachung nach höheren Geschwindigkeiten verschiebt (Abb. 2, Kurve I und II). Dem Kurvenmaximum entspricht die häufigste (wahrscheinlichste) Geschwindigkeit w_{\max} , die sich aus der Bedingung $\frac{d\varphi}{dw} = 0$ zu $w_{\max} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$ ergibt. \bar{w} stellt die mittlere Geschwindigkeit dar, d. h. den arithmetischen Mittel-

wert der Geschwindigkeitsbeträge: $w = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$; schließlich ergibt sich noch für die Wurzel aus

dem mittleren Geschwindigkeitsquadrat: $\sqrt{\bar{w}^2}$
 $= \sqrt{\frac{3RT}{M}}$. Vergleicht man diese drei verschieden
 definierten Geschwindigkeiten, so ergibt sich
 $w_{\max} : \bar{w} : \sqrt{\bar{w}^2} = \sqrt{2} : \sqrt{\frac{\pi}{8}} : \sqrt{3} = 1 : 1,13 : 1,22$.



2 Geschwindigkeitsverteilung für Sauerstoff. $dw = 1 \text{ m/s}$

Maxwellsche Gleichungen, → Maxwellsche Theorie, → Elektromagnetismus.

Maxwellsche Relation, → Maxwellsche Theorie.

Maxwellsche Theorie, eine von dem englischen Physiker J. C. Maxwell aufgestellte phänomenologische Theorie des elektromagnetischen Feldes, die im Bereich des makroskopischen die elektromagnetischen Erscheinungen bei (gegenüber der Lichtgeschwindigkeit) langsamen Bewegungsvorgängen richtig beschreibt. Die M. T. dient heute in Physik und Elektrotechnik als allgemeine Grundlage zur Berechnung der Felder und ihrer Parameter und zur Deutung und Auffindung von Erscheinungen der Elektrizität. Darin wird die Faradaysche Vorstellung von der Nahwirkung benutzt, die den (auch leeren) Raum als Träger der Wirkungen zwischen den einzelnen Körpern ansieht. Als Feldtheorie (Nahwirkungstheorie) führt sie zu partiellen Differentialgleichungen (Maxwellsche Gleichungen), die als Erfahrungsgesetze das Induktionsgesetz, das Durchflutungsgesetz, das Erhaltungsgesetz der elektrischen Ladung, das Gesetz von der Untrennbarkeit der magnetischen Dipole und die die Eigenschaften der Materie berücksichtigenden Materialbeziehungen enthalten. Diese Maxwellschen Gleichungen formulieren quantitativ den Zusammenhang zwischen den Feldgrößen und den sie erzeugenden bzw. von ihnen hervorgerufenen Ladungen und Strömen (→ Elektromagnetismus). Aus ihnen lassen sich alle Gesetze der Elektrizität, des Magnetismus und der Optik ableiten, insbesondere folgt aus ihnen auch die Existenz elektromagnetischer Wellen, die 1888 von H. Hertz im Versuch nachgewiesen wurden. Ein Sonderfall der elektromagnetischen Wellen ist das Licht; die Optik wird damit zu einem Teilgebiet der Elektrizitätslehre. Aus der M.n T. folgt z. B. für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit c der Lichtwellen in der Materie die Formel

$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\epsilon_0\mu\mu_0}}$ und daraus die Maxwellsche Relation $n^2 = \epsilon\mu$, wobei n = Brechungsindex des durchlaufenden Stoffes, ϵ = Dielektrizitätskonstante, μ = Permeabilität, ϵ_0 , μ_0 = Feldkonstanten. Allerdings gilt diese Relation lediglich näherungsweise, da bei der Lichtfortpflanzung in stofflichen Medien deren atomare Struktur eine entscheidende Rolle spielt. Für die Vorgänge in atomaren und molekularen Bereichen

ist aber die M. T. allgemein nicht mehr gültig. Sie wird in diesem Falle durch die Quantentheorie erweitert und abgeändert. Ebenfalls nur näherungsweise richtige Ergebnisse liefert die M. T. in der Elektrodynamik schnell bewegter Medien. Eine entsprechende Erweiterung der klassischen M.n T. erfolgte für Bewegungsvorgänge im Rahmen der speziellen Relativitätstheorie.

Lit. Maxwell: Lebrb. der Elektrizität und des Magnetismus 2 Bde (Berlin 1883); → Elektrizität.

Mayday, → Notsignal.

Mazeration, eine Methode der Extraktion (festflüssig), das Herauslösen eines Stoffes aus einem anderen durch wiederholtes Übergießen mit kaltem Lösungsmittel und Dekantieren. Die M. wird z. B. beim Ausziehen von Drogen mit Wasser, Alkohol oder anderen Flüssigkeiten bei Zimmertemperatur zur Gewinnung von Inhaltsstoffen angewendet.

mb, 1) Kurzz. für Millibarn, → Barn. 2) altes Kurzz. für Millibar, → Bar.

mbar, Kurzz. für Millibar, → Bar.

MBV-Verfahren (Abk. für modifiziertes Bauer-Vogel-Verfahren), ein chemisches Verfahren zur Erzeugung von Oberflächenschichten auf Aluminium und seinen Legierungen als Haftgrund für Anstriche. Es erfolgt durch Eintauchen (15 bis 30 Minuten) in heiße alkalische Natriumchromatlösung. Durch Modifizierung der Badzusammensetzung entstehen das **LW-Verfahren** (Abk. von Lautawerk-Verfahren), bei dem ein Zusatz von Dinatriumphosphat gegeben wird, und das **EW-Verfahren** (Abk. für Erftwerk-Verfahren), das mit Wasserglas arbeitet. Das EW-Verfahren liefert farblose, transparente Schichten von höherer Festigkeit.

mc, Kurzz. für Millicurie, → Curie.

mC, 1) Kurzz. für Millicoulomb, → Coulomb. 2) altes Kurzz. für Millicurie, → Curie.

Mcal, Kurzz. für Megakalorie, → Kalorie.

mcd, Kurzz. für Millicandela, → Candela.

mCi, Kurzz. für Millicurie, → Curie.

Md, Symbol für → Mendelevium.

MD-CMT, → Antiklopfmittel.

m_e, Kurzz. für → Elektronenmasse.

Me, Abk. für Metall in chemischen Formeln.

ME, 1) Kurzz. für → Mache-Einheit. 2) Kurzz. für → technische Masseinheit. 3) Kurzz. für → atomare Masseinheit.

Mechanik, die Lehre von den Bewegungen und den sie hervorruhenden Kräften. Ziel der M. ist die Aufstellung einfachster Prinzipien zur unmittelbaren Lösung mechanischer Probleme; solche Prinzipien sind z. B. die Extremalprinzipien. Die M. betrachtet Körper als Systeme von Massenpunkten oder als Kontinua und wird je nach den zwischen diesen wirkenden Kräften aufgeteilt in a) **M. der Massenpunkte** und der **starken Körper** und b) **M. der deformierbaren Körper** (**M. der Kontinua**), zu der die Hydromechanik, die Aeromechanik und die Elastomechanik gehören.

Die → Dynamik (Kinetik) untersucht die Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers infolge einer auf den Körper einwirkenden Kraft (Bewegungsgleichungen); die → Statik sucht die Gleichgewichtsbedingungen zwischen mehreren Kräften zu bestimmen; die → Kinematik untersucht die Bewegungserscheinungen ohne Rücksicht auf die sie bewirkenden Kräfte; die Festigkeitslehre (→ Festigkeit) beschäftigt sich mit den formändernden Wirkungen der Kräfte. Ein wichtiges Spezialgebiet der M. ist die Schwingungslehre, zu der die Akustik gehört. Die **angewandte M.** befaßt sich mit der Konstruktion von Bauwerken und Maschinen. Aufgabe der → **statistischen M.** ist es, Zusammenhänge zwischen meßbaren Größen, wie Druck und Temperatur, und den Bewegungen der Moleküle herzustellen.

Alle genannten Gebiete der M. werden im Gegensatz zur Relativitäts- und Quantenmechanik auch unter der Bezeichnung **klassische M.** zusammengefaßt. Die **relativistische M.** wendet die Prinzipien der Relativitätstheorie auf die M. an; sie betrachtet die klassische M. als Sonderfall einer allgemeinen M. Die für das Innere der Atome geltende M. heißt → **Quantenmechanik.**

Lit. Göldner: Leitfaden der Technischen M. (Leipzig 1965); Heyde: M. für Ingenieure, Bd 1 (5. Aufl. Leipzig 1957); Kraus: Technische M., 2 Bde (Berlin 1953); Menge u. Zimmermann: Mechanik-Aufgaben aus der Maschinentechnik, 4 Bde (Leipzig 1952/53); Nikolai: Theoretische M. (dtsh Berlin 1958); Planck: Einführung in die allgemeine M. (5. Aufl. Leipzig 1937); Recknagel: Physikalische M. (2. Aufl. Berlin 1957); Rüdiger u. Kneschke: Technische M., 3 Bde (Leipzig 1902–1904); → Physik.

mechanisches Lichtäquivalent, → Lichtäquivalent.

mechanisches Ohm, nicht gesetzliche Einheit der mechanischen Impedanz. 1 m. O. = $1 \frac{\text{dyn}}{\text{cm s}^{-1}} = 10^{-3} \text{ N s m}^{-1}$ (Newtonsekunde/Meter).

Mechanisierung, die Schaffung und Anwendung von Arbeitsmitteln, mit deren Hilfe es möglich ist, unter Verzicht auf schwere körperliche, gesundheitsschädliche und zeitraubende Arbeiten des Menschen entsprechende Operationen auszuführen. Im Unterschied zur → **Automatisierung** erhalten alle mechanisierten Arbeitsmittel die Befehle zur Ausführung ihrer Operationen vom Menschen, z. B., wenn auf der Drehmaschine ein Drehteil mittels handbedienten Supports nach einer Zeichnung hergestellt oder im Rechenbüro die Berechnung eines Objekts unter Anwendung von Tischrechenmaschinen nach einem Rechenplan ausgeführt wird.

Nach dem Grad der M. unterscheidet man häufig Klein-, Teil- und Vollmechanisierung, ohne jedoch dabei auf Grund exakter Definitionen scharfe Abgrenzungen vornehmen zu können. Die **Kleinmechanisierung** ist im allgemeinen auf den Einsatz von mechanisierten Arbeitsmitteln (z. B. Werkzeugmaschinen) am einzelnen Arbeitsplatz beschränkt. Die **Teilmechanisierung** bezieht sich meist auf die zusätzliche Anwendung mechanisierter Arbeitsmittel in größeren Abschnitten des Produktionsprozesses (z. B. Transportmittel, wie Hebezeuge, Förderbänder usw.). Die **Vollmechanisierung** wird durch die Verkettung vieler mechanisierter Arbeitsmittel erreicht. Sind alle Haupt-, Hilfs- und Nebenprozesse in dieser Weise mechanisiert, spricht man von **Komplexmechanisierung**.

Die M. führt zur Arbeitserleichterung, zur Arbeitssicherheit und zur Steigerung der Arbeitsproduktivität. Die M. schafft damit die materiell-technische Voraussetzung für die Steigerung der Produktion und damit für die Erhöhung des Lebensstandards.

Mechanismus, entsteht aus einer → kinematischen Kette durch Bestimmen eines Gliedes als Gestell. Die Längen der Getriebeglieder sind bei einem M. bekannt. Wählt man ein Glied des M. als Antrieb (meist im Gestell gelagert, → Kurbel), so entsteht ein Getriebe (→ Kurbelgetriebe).

Mechanochemie, Zweig der physikalischen Chemie, der sich mit den chemischen und physikalisch-chemischen Änderungen von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen infolge Einwirkung von mechanischer Energie befaßt.

Besonders bedeutend ist der Einfluß mechanischer Energie auf solche chemischen Reaktionen, an denen mindestens eine Festkörperkomponente als Ausgangsprodukt teilnimmt (→ Tribiochemie). Auch in rein flüssigen Medien können chemische Reaktionen durch mechanische Beeinflussung, z. B. durch Einwirkung von Ultraschall, ausgelöst werden. In Gegenwart von Luft werden z. B. organische Farblösungen durch

Ultraschalleinwirkung entfärbt, Jod wird aus Kaliumjodidlösungen ausgeschieden und Wasserstoffperoxid H_2O_2 in reinem destilliertem Wasser gebildet. Beim Mahlen, Kneten und Walzen von Hochpolymeren, z. B. von Stärke, Zellulose oder Polystyrol, setzt ein Abbau der Makromoleküle unter Bildung von niedrigmolekularen Substanzen ein. Umgekehrt wird durch Einwirkung mechanischer Energie auf Monomere, z. B. in Gegenwart von Metallen, eine Polymerisation ausgelöst. Eine technisch bedeutende Rolle spielen die durch adiabatische Kompression ausgelösten Druckzündungsvorgänge, z. B. im Dieselmotor. Auf gleiche Weise lassen sich explosive Substanzen mit Gaseinschlüssen über einen Druckzündungsmechanismus zur Explosion bringen. Chemische Umsetzungen werden auch durch Einwirkung von Stoßwellen auf Gase ausgelöst und oft außerordentlich beschleunigt, z. B. die Dissoziation von molekularen Gasen, die Spaltung von Stickstofftetroxid N_2O_4 , die Bildung von Bromwasserstoff HBr aus den Elementen u. a. Meistens laufen Stoßwellenreaktionen bis zur Einstellung des Gleichgewichtes.

medizinische Elektronik, ein spezielles Anwendungsgebiet der Elektronik. Es umfaßt alle Verfahren, Geräte, Einrichtungen und Anlagen, deren Funktion durch elektronische Elemente bzw. elektronische Schaltungen bedingt ist und die zur Anwendung in der Medizin bestimmt sind. Die **biomedizinische E.** schließt in erweitertem Sinne außer der Medizin als Anwendungsgebiet auch die experimentelle Biologie mit ein.

Die M. E. untergliedert sich im wesentlichen in die elektrodiagnostische und die elektrotherapeutische Technik. Beide umfassen im wesentlichen die Reiz- und Reizstromtechnik, die Iontophorese, die medizinisch-elektronische Hilfs-Substitutions- und Rechentechnik und die medizinische Ultraschalltechnik. Die elektrodiagnostische Technik umfaßt außerdem die medizinische Meß- und Registriertechnik, die elektrotherapeutische Technik, außerdem die Elektrochirurgie, die Kurzwellentherapie und die Mikrowellentherapie. Streng genommen gehört zur m. n. E. auch die Elektronik, die in Verbindung mit der radiologischen Technik in der Medizin angewandt wird.

Lit. Handb. m. r. E., 3 Tle (Berlin, Tl 1 2. Aufl. 1964, Tl 2 1964, Tl 3 1965).

Medizintechnik, umfaßt im engeren Sinne alle Instrumente, Geräte und Einrichtungen, die zur Diagnostik, Prophylaxe, Therapie und Metaphylaxe für Mensch und Tier benötigt werden. Die M. bezieht sich dabei nicht nur auf Erzeugnisse, die in Gesundheitseinrichtungen verwendet werden, sondern auch auf solche, die Mensch und Tier vor Noxen schützen, d. h. in den Bereichen der Arbeitsmedizin eingesetzt werden (z. B. Atemschutzgeräte). Medizinische Erzeugnisse werden eingeteilt in 1) **medizinmechanische Erzeugnisse**, d. h. Erzeugnisse, die im wesentlichen auf mechanischen, pneumatischen oder elektromechanischen Prinzipien beruhen, z. B. Instrumente, Sterilisatoren, Atemgeräte; 2) **medizinische Strahlungseinrichtungen**, z. B. Röntengeräte, Isotopenuntersuchungseinrichtungen, Kobaltbestrahlungseinrichtungen; 3) **medizinisch-elektronische Geräte**, z. B. Elektroenzephalographen, Kreislaufüberwachungsgeräte.

Im weiteren Sinne umfaßt die M. auch Erzeugnisse für Hilfsprozesse in Gesundheitseinrichtungen (z. B. Erzeugnisse zum Säubern, Waschen), soweit sie nicht in gleicher Ausführung für industrielle oder andere konsumtive Zwecke verwendet werden.

Die Wirkungen der technischen Revolution werden auch in der M. sichtbar. Insbesondere ist die Automatisierung der Arbeitsvorgänge in medizinischen Laboratorien, z. B. hinsichtlich

der Auswertung der Zusammensetzung biologischer Flüssigkeiten und der elektronischen Messung biologischer Größen (z. B. Puls, Atemfrequenz, EKG, EEG), zu nennen. Die Ergebnisse der Kernphysik werden in der Medizin unter anderem durch die Diagnose mit Hilfe radioaktiv markierter Isotope (z. B. zur Untersuchung der Funktion der Schilddrüse), genutzt.

Meer, die zusammenhängende Wassermasse der Erde. Sie nimmt mit ungefähr 361 Millionen km³ fast 71 % der Erdoberfläche ein. Durch die Landmassen wird das M. in drei riesige Einzelräume getrennt: den Stillen (Großen) Ozean oder Pazifik mit etwa 180 Millionen km³, den Atlantischen Ozean oder Atlantik (einschließlich des nördlichen Eismeres) mit etwa 106 Millionen km³ und den Indischen Ozean oder Indik mit etwa 75 Millionen km³. Die drei großen Ozeane greifen in die ihnen angelagerten Landmassen mit **Nebenmeeren** ein; diese bezeichnet man je nach ihrer Lage als **Mittelmeer**, d. s. zwischen Kontinenten gelagerte M.e (z. B. das europäisch-afrikanische Mittelmeer), als **Binnenmeer**, d. s. in einen Erdteil eingelagerte M.e (z. B. Ostsee), als **Randmeer**, d. s. dem Lande angelagerte und durch Inseln oder Halbinseln vom Ozean abgetrennte M.e (z. B. Nordsee), als **Meerbusen**, **Golfe** oder **Baien**, d. s. offene Meeresbuchten (z. B. Golf von Biskaya), oder als **Meerengen**, **Sunde**, **Kanäle** und **Meeresstraßen**.

Nach der Entfernung vom Festland und der Tiefe gliedert man das M. in 1) Küstenregion (litoral Bereich), 2) Flachsee, eingeteilt in a) den neritischen Bereich oder → Schelf (bis –200 m) und b) den bathyalen Bereich (–200 bis –800 m), 3) Tiefsee, eingeteilt in a) den hemipelagischen Bereich (–800 bis –2400 m), b) den eupelagischen Bereich (–2400 bis –5750 m) und c) den hadalen Bereich (ab –5750 m).

Den größten Teil des eupelagischen Bereiches und des Meeresbodens überhaupt nimmt die Tiefseetafel ein (→ hypsometrische Kurve). Sie ist von einzelnen trogförmigen Tiefseegräben (ab –5750 m) durchzogen, in denen die größten bisher gemessenen Meerestiefen festgestellt wurden (mittels Echo- oder Drahtlotung), und zwar vom Mindanaograben (Philippinengraben) bei den Philippinen (11516 m = Cook-Tiefe, 1962), vom Marianengraben (11034 m = Witzjas-Tiefe südwestlich Guam, 1957, und 10899 m = Challenger-Tiefe südlich Guam, 1960), vom Tongagraben südöstlich der Fidschi-Inseln (10635 m) u. a. Die größte bisher gemessene Tiefe des Mittelmeeres beträgt 5015 m, der Nordsee 809 m, der Ostsee 459 m, des Ärmelkanals 172 m. Die mittlere Tiefe des M.es beträgt 3790 m, das Volumen 1368 Millionen km³.

Die Oberflächengestaltung des Meeresgrundes ist im allgemeinen einfacher als die des Festlandes, doch haben dicht beieinanderliegende Lotungen gezeigt, daß der Meeresboden vielgestaltigere Formen aufweist, als man bisher annahm.

Die Großformen der Festlandoberfläche (z. B. Tiefebene, Hügelland, Hochgebirge) sind auch am Meeresboden ausgebildet (z. B. Tiefseebecken, unterseische Rücken).

Das Meerwasser zeichnet sich durch seinen Salzgehalt aus (im Mittel 35 ‰). Die Temperaturen des Weltmeeres betragen an der Oberfläche zwischen +26 und –2 °C, in der Tiefsee zwischen +2 und +4 °C (mittlere Temperatur des Weltmeeres +3,8 °C).

Die Bewegungen des Meeres erfolgen in Form von → Gezeiten, → Meeresströmungen und → Meereswellen.

Das M. übt einen großen Einfluß auf das Wetter und das Klima der angrenzenden Festländer aus. Es ist ein wichtiger Verkehrsträger und wird in Zukunft eine noch größere Bedeutung als Roh-

stoffquelle erhalten (Fischfang, mineralische Rohstoffe aus dem Meerwasser, Bodenschätze des Meeresgrundes).

Lit. Kalle: Der Stoffhaushalt des M.es (2. Aufl., Leipzig 1945); → Ozeanographie.

Meeresbohrungen, auf dem Meer niedergebrachte → Bohrungen zur Erkundung und Nutzung von Erdgas- und Erdöllagerstätten sowie zur Erkundung des Meeresbodens. M. sind meist Tiefbohrungen. Sie unterscheiden sich von den gewöhnlichen Bohrungen durch entsprechende Ausrüstungen für die Stationierung der Bohrgeräte am Bohransatzpunkt. Als Ausgangspunkt der M. unterscheidet man 1) Inseln; 2) Stegplattformen, die vom Land aus zugänglich sind (für Wassertiefen bis 10 m); 3) feste Plattformen ohne Zugang von Land (bis 70 m Wassertiefe); 4) Schwimmplattformen mit hydraulisch ausfahrbaren Stützbeinen (Bohrinseln), die sich am Einsatzort auf dem Meeresboden abstützen (bis 40 m Wassertiefe); 5) halbtauchende Plattformen sowie Bohrschiffe, die verankert oder durch Radar an ihrem Einsatzort gehalten werden (für große Tiefen). Besondere Probleme liegen im Bohrlochabschluß unter Wasser. Für Tiefen bis 300 m wurden Roboter (mit Propellern zur Fortbewegung, Greifhänden und Fernsehagen ausgerüstet) entwickelt, die alle erforderlichen Arbeiten am Bohrlochkopf durchführen. Abb. Bohrrinsel Tafel 24.

Meereskunde, die → Ozeanographie.

Meeresströmungen, horizontale Wasserbewegungen in den Weltmeeren. Ursachen der M. sind die an der Meeresoberfläche wirkende Schubkraft des Windes und innere Druckkräfte im Meer, die durch Dichteunterschiede des Meerwassers und durch die Neigung der Meeresoberfläche entstehen. Der durch direkte Windwirkung erzeugte **Triftstrom** bleibt auf die oberflächennahen Schichten beschränkt, dagegen erfassen die durch innere Druckkräfte erzeugten **Gradientströmungen** große Wasserschichten.

Bei M. unterscheidet man ferner Oberflächen- und Tiefenströmungen. Die **Oberflächenströmungen** bilden die großen planetarischen Stromsysteme der Ozeane, und zwar westwärts gerichtete Äquatorialströmungen in niederen Breiten, polwärts gerichtete Strömungen vor den Ostküsten der Kontinente (z. B. Golfstrom), ostwärts gerichtete Strömungen in mittleren Breiten und äquatorwärts gerichtete Strömungen an den Westküsten der Kontinente (z. B. Humboldtstrom vor der südamerikanischen Westküste). Durch den Transport unterschiedlich temperierter Wassermassen (z. B. Warmwasser im Golfstrom und in seiner Fortsetzung als Nordostatlantischer Strom, Kaltwasser im Humboldtstrom) können die M. in Verbindung mit einer entsprechenden Luftzirkulation das Klima des angrenzenden Festlandes beeinflussen. Die in der Tiefsee auftretenden **Tiefenströmungen** sind bis jetzt nur im Atlantischen Ozean einigermaßen exakt erforscht. Sie lassen sehr deutlich den Austausch von Wassermassen zwischen den tropischen und polaren Gebieten erkennen.

Meereswellen, ein wellenförmiger Bewegungsvorgang im Meer. M. werden hauptsächlich durch den Wind, aber auch durch Luftdruckänderungen, Gezeiten, Seebeben und Vulkanausbrüche verursacht. An der Grenzfläche von Wassermassen unterschiedlicher Dichte im Meer entstehen interne Wellen. Man unterscheidet Tiefwasserwellen und lange Wellen. a) Bei den **Tiefwasserwellen** (**Oberflächenwellen**) ist die Wellenlänge klein im Vergleich zur Wassertiefe. Die Wasserteilchen vollführen annähernd kreisförmige Bewegungen an Ort und Stelle (Orbitalbewegung). Die Wellenbewegung nimmt mit zunehmender Wassertiefe ab. Hierzu gehören der *Seegang* als winderzeugte unregelmäßige Bewegung der

Meerwasser- entsalzung

Meeresoberfläche, durch Wellen unterschiedlicher Periode und Abmessungen gebildet, die *Windsee* als der durch den augenblicklich herrschenden Wind erzeugte Seegang und die *Dünung* als Wellenbewegung an der Meeresoberfläche nach Aufhören der Windwirkung. Die bisher gemessene maximale Wellenhöhe beträgt 24,5 m.

b) Bei **langen Wellen** (Seichtwasser-, Flutwellen) ist die Wellenlänge groß im Vergleich zur Wassertiefe. Die gesamte Wassersäule bis zum Boden wird von der Wellenbewegung erfaßt. Zu den langen Wellen gehören die **Brandungswellen**, die bei der → Brandung auftreten, die **Gezeitenwellen**, die durch die → Gezeiten hervorgerufen werden, die seismischen M. oder → Tsunami, die → Seebären und die → Seiches.

Lit. Bruns: Handb. der Wellen der Meere und Ozeane (Berlin 1955).

Meerwasserentsalzung, → Entsalzung.

Mega, Kurzz. M, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^6 (Million), z. B. **Megawatt**, Kurzz. MW, = 10^6 W; **Megapond**, Kurzz. Mp, = 10^6 p.

Megaphon, **Schalltrichter**, **Sprachrohr**, ein kegelförmiger Trichter, der die Verständlichkeit gesprochener Mitteilungen und Befehle über größere Entfernungen gewährleistet. Die Wirkung des M.s beruht darauf, daß die Schallenergie gerichtet abgestrahlt wird. Das moderne elektroakustische M. vereint Mikrophon, Transistorverstärker und Batterien mit einem leistungsstarken Druckkammerlautsprecher (→ Lautsprecher). Mit diesem durchaus handlichen Gerät lassen sich unter Umständen Entfernungen bis zu 1 km überbrücken.

Megohm, frühere Bezeichnung für Megaohm, → Ohm.

Mehrfachausnutzung, → Trägerfrequenztechnik.

Mehrfachempfang, → Diversityempfang.

Mehrfachschreiber, ein → Registriergerät.

Mehrfachtraktion, die Bedienung und Überwachung mehrerer Triebfahrzeuge von einem Führerstand aus, wobei nur das führende Triebfahrzeug besetzt ist. Die M. erfordert zusätzliche Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen und die zugehörigen Steuerleitungen zwischen den einzelnen Triebfahrzeugen.

Mehrfarbedruck (Tafel 4), die drucktechnische Herstellung von Halbtönen aufweisenden Bildern mit mehreren Farben. Beim Buch-, Tief- und Lichtdruck sind es meist 3 oder 4, beim Offsetdruck heute auch 4, häufig noch 6 Farben, wobei durch den Zusammendruck neue Farbtöne entstehen. Beim **Dreifarbedruck** benutzt man je eine Druckplatte für Gelb, Purpur und Blaugrün. Durch Übereinanderdrucken dieser drei lasierenden (durchscheinenden) Grundfarben lassen sich alle Zwischentöne (z. B. Orange, Grün, Grau u. a.) erzielen. Die Herstellung der Druckplatten geschieht mit Hilfe von → Farbausügen. Beim **Vierfarbedruck** wird noch eine Schwarzplatte aufgedruckt, die das Bild plastischer macht.

Mehrgitterröhre, eine → Elektronenröhre.

Mehrkörperproblem, → Himmelsmechanik.

Mehrnährstoffdünger, solche Mineraldünger, die mehrere Kernnährstoffe enthalten (kalkhaltige Düngemittel mit nur einem weiteren Kernnährstoff zählen nicht zu den M.n). Je nach der Art ihrer Herstellung teilt man die M. in **Komplexdünger**, bei denen die Kombination der Kernnährstoffe schon während des Herstellungsprozesses erfolgt, und **Mischdünger**, die durch einfaches Mischen von Einzeldüngern hergestellt werden. M., die die drei Kernnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium enthalten, werden **Volldünger** genannt. Zu diesen gehören *Am-Sup-Ka*, wobei Am-Sup-Ka 9 : 9 : 15 z. B. 9 % Stickstoff, 9 % Phosphorpentoxid und 15 % Kali enthält, und *Pikaphos* mit 13,6 % Stickstoff,

9 % wasser- und zitratlöslichem Phosphorpentoxid und 15 % Kaliumoxid.

Mehrphasensystem, → Dreiphasenstrom.

Meißel, ein keilförmig geschärftes Stahlwerkzeug zum Trennen von Werkstücken durch Zerteilen oder Abspannen. Als Handwerkzeuge zur Metallbearbeitung werden Flach-, Kreuz-, Rund-, Loch-, Nutenmeißel u. a. verwendet; Schrotmeißel dienen lediglich zum Trennen kalter Schmiedestücke (größerer Keilwinkel) und warmer Schmiedestücke (kleinerer Keilwinkel). Die dem M. gleichenden Werkzeuge der Holzbearbeitung sind die Stemmeisen, die der Bildhauerei die Grabstichel. Alle genannten M. werden mit dem Hammer geschlagen.

In Werkzeugmaschinen werden zum Abspannen, vor allem beim Drehen und Hobeln, M. eingesetzt aus Werkzeug- oder Schnellarbeitsstahl oder aus Baustahl mit aufgelöteten Schneidplättchen aus Hartmetall oder Schneidkeramik. Am Kopf des M.s sind unter Einhaltung bestimmter, zum Zerspanen günstiger Winkel Schneidkanten angeschliffen. Diese werden durch die Freifläche, die gegen die Schnittfläche gerichtet ist, und die Spanfläche, auf der der Span abrollt, gebildet (Abb. → Drehen). Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man Dreh-, Hobel-, Gewinde- und Abstechmeißel, nach der erzielten Oberflächengüte des Werkstücks Schrupp- und Schlichtmeißel. Die Bezeichnungen Dreh- und Hobelstahl sind veraltet.

Auch in Druckluftschlämmern (→ Druckluft) werden M. eingesetzt, z. B. zum Putzen von Gußstücken, zur Steinbearbeitung, zum Abbau von Kohle, Erz, Stein u. a., zu Abbruch- und Straßenbauarbeiten, zum Ausmeißeln von Schweißfugen (Fugenmeißel), zum Abtrennen von Nietköpfen u. a.

Meisterwalze, ein für höchste Schalthäufigkeiten benutzter Kommandoschalter zur Betätigung einer Reihe von Schützen (→ Schalter). Die M. ist eine durch einen Steuerhebel zu betätigende Schaltwalze mit Kontaktflächen. Die Kontaktfinger befinden sich an einer festen Frontplatte. Da nur die geringen Steuerströme für die Schutzspulen geschaltet werden, ist die M. so konstruiert, daß ihre Bedienung keinen großen Kraftaufwand erfordert. Sie wird z. B. als Führerschalter in elektrischen Bahnen verwendet.

MEK, → Luftverunreinigung.

Mékerbrenner, → Bunsenbrenner.

Mel, Kurzz. mel, Kennwort für Tonhöhenempfindungen, die mit der Frequenz zusammenhängen, aber jeweils nur empirisch ermittelt werden können. Bei einem Normalschall der Frequenz 20 Hz (Hertz) ruft die Tonhöhenempfindung 0 mel hervor, bei 1 kHz (Kilohertz) 10³ mel, bei 10 kHz etwa 3000 mel.

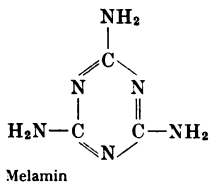
Melacoll, → Plaste, Übers.

Meladur, → Plaste, Übers.

Melamin, ein weißes, kristallines Pulver, das man aus Dizyandiamid gewinnt. M. ergibt durch Polykondensation mit Formaldehyd die zur Gruppe der Aminoplaste gehörenden **Melaminharze**, die hauptsächlich als Preßmassen und zur Herstellung von Schichtpreßstoffen, ferner zum Naßfestmachen von Papieren, zur Knitterarm-Ausrüstung von Textilien, als Holzleim sowie auch als Lackrohstoff verwendet werden.

Melanine, rote, braune oder schwarze, meist polymere Farbstoffe, die im tierischen und pflanzlichen Organismus weit verbreitet vorkommen. Sie entstehen durch Oxydation von Phenolen unter Einwirkung von Oxydasen. Die in der Haut eingelagerten M. wirken als Strahlenfilter und rufen die Pigmentierung der Haut und Haare hervor. Im Pflanzenreich erzeugen M. das Braunwerden von Früchten.

melanokrat, Bezeichnung für Eruptivgesteine, bei denen dunkle, magnesium- und eisenreiche



Silikate, die Augite (Pyroxene) und Amphibole, vorherrschen, z. B. Gabbro, Basalt. Gegensatz: → leukokrat.

Melaphyr, ein dunkles, dem Basalt entsprechenden Ergußgestein permokarbenen Alters mit geringeren Veränderungen der Minerale als beim → Diabas, der ein noch höheres Alter hat. Er besteht aus Plagioklas, Pyroxen und z. T. Olivin mit porphyrischem Gefüge. Häufig ist der M. blasig als **Mandelstein** ausgebildet. Soweit dieser lagenweise mit Chaledon gefüllt ist, werden daraus die technisch wichtigen Achate gewonnen, ferner Bergkristall und Amethyst. M. wird als Schotter und Splitt verwendet.

Melasse, der noch stark zuckerhaltige letzte Ablauf bei der Zuckergewinnung, aus dem unter ökonomisch vertretbaren Bedingungen durch weitere Kristallisation kein Zucker mehr gewonnen werden kann. M. aus Zuckerrüben enthält noch ungefähr 50 % Saccharose, 30 % Nichtzuckerstoffe (z. B. Kaliumsalze) und 20 % Wasser. Aus den anfallenden Endlaugen, der **Schlempe**, werden z. B. Betain und Glutaminsäure gewonnen. M. verwendet man in der Spiritus- und Hefeindustrie; aus Zuckerrohrmelassen wird Rum gewonnen. Weiter setzt man M. als Viehfutter ein oder vergärt sie zu Butanol, Azeton, Glycerin, Milchsäure und Zitronensäure.

Melilithe, → Feldspatvertreter.

Melioration [lateinisch melior, 'besser'], **Boden-, Grundverbesserung**, jede biologische oder technische Maßnahme, die den Wert des Bodens nachhaltig erhöht oder den Ertrag eines landwirtschaftlich genutzten Grundstückes dauernd verbessert. Zu den **Meliorationsmaßnahmen** gehören das Urbarmachen von Ödland, wie Waldrodung, Kultivierung der Steppen, Wiederurbarmachen von Kippen, Halden u. a., die Moorkultur, die Heidekultur und das Verbessern von Kulturland durch → Bewässerung und Entwässerung, vor allem → Dränung, durch Eindeichen von Überschwemmungsgebieten (→ Deich), durch Einebnen und Terrassieren sowie durch Schutzmaßnahmen gegen Wind- und Wasserabtragung (→ Erosion).

Melitose, swv. → Raffinose.

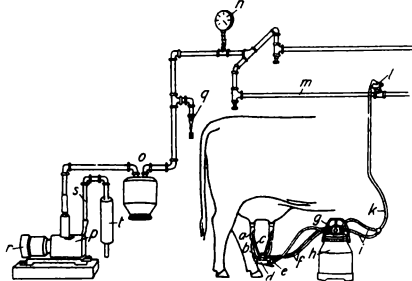
Melitriose, swv. → Raffinose.

Melkmaschine, eine maschinell betriebene Vorrichtung zum Melken von Kühen. Mit der M. wird die Milch aus den Zitzen des Kuheuters herausgezogen und somit der Saugvorgang durch das Kalb besser nachgeahmt als beim Handmelken. Die M. ist ortsfest oder transportabel und wird in Milchviehställen, Melkständen und Weidemelkanlagen eingesetzt. Ihre Arbeitsweise beruht auf dem rhythmischen Wechsel von Unterdruck, erzeugt von einer Unterdruckpumpe, und atmosphärischem Druck im Außenraum des auf die Zitze aufgesteckten Melkbechers, wodurch abwechselnd der Zitze Milch entzogen und durch Zusammendrücken des Zitzenkanals der Milchfluß unterbrochen wird. Eine M. besteht aus dem **Melkzeug**, zu dem Melkbecher, Zentrale sowie Milch-, Puls- und Vakuumschläuche gehören, aus dem Pulsator und einer Melkkanne (falls nicht in eine Milchleitung gemolken wird).

In den **Melkbechern** erfolgt das Absaugen der Milch. Für jede Zitze ist ein Melkbecher vorgesehen. Er ist üblicherweise als Zweiraum-Becher ausgebildet und besteht dann aus einer dünnwandigen Melkbecherhülse, in die eine Gummimandung, der **Zitzengummi**, luftdicht eingezogen ist. Der Melkbecher wird auf die Zitze aufgesteckt. Im **Innenraum**, dem Raum innerhalb des Zitzengummis, herrscht während des Melkens ständig ein gleichmäßiger Unterdruck (Vakuum). Der **Außenraum**, d. h. der Raum zwischen Melkbecherhülse und Zitzengummi, steht in regelmäßigem Rhythmus einmal unter

Unterdruck (**Saugtakt**) und einmal — durch Zustrom von Frischluft vom Pulsator herkommend — unter atmosphärischem Druck (**Entlastungstakt**). Bei Unterdruck im Außenraum, also bei gleichem Druck wie im Innenraum, verharrt der Zitzengummi in seiner Ruhelage; der Zitze wird durch den Unterdruck Milch entzogen (**Saugtakt**), die durch einen mit dem Innenraum verbundenen (kurzen) **Milchschlauch** abfließt. Herrscht im Außenraum atmosphärischer Druck (**Entlastungstakt**), wird der Zitzengummi zusammengedrückt und eine kräftige Massage der Zitze erreicht, was zur Abschwächung der durch den Unterdruck entstehenden Blutstauung notwendig ist. Der Milchfluß wird bei diesem Takt unterbrochen. Saugtakt und Entlastungstakt wechseln 40- bis 50mal in der Minute miteinander ab. Am Melkbecher befindet sich meistens ein **Schauglas**, das die Beobachtung des Milchflusses der Zitze ermöglicht.

Die beschriebene M. ist eine **Zweitaktmaschine**; ihre Funktion beruht auf Saug- und Entlastungstakt. Es gibt auch **Dreitaktmaschinen** mit Saug-, Entlastungs- und Ruhetakt.

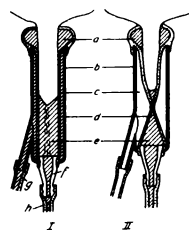


1 Melkanlage. a bis k Melkmaschine: a Melkbecher, b kurzer Milchschlauch, c kurzer Pulsschlauch, d Zentrale, e langer Milchschlauch, f Doppelpulsschlauch, g Pulsator, h Melkkanne, i kurze Vakuumschleife, k langer Vakuumschlauch; l bis n Vakuumschleife: l Anschlußhahn, m Vakuumschleife, n Vakuummeter; o bis t Maschinensatz: o Schweißwasserabscheider, p Unterdruckpumpe, q Vakuumschleife, r Elektromotor, s Auspuffleitung, t Schalldämpfer

Von den Melkbechern laufen die Milch- und Pulsschläuche zur **Zentrale** (bei Dreitaktmaschinen **Kollektor**). Diese besteht im allgemeinen aus zwei getrennten Abteilungen. In der einen Abteilung (**Sammelstück**) laufen die von den einzelnen Melkbechern kommenden kurzen Milchschläuche zusammen, durch die die Milch aus den Zitzen abfließt; ferner setzt dort der lange Milchschlauch an, der die Milch zur Melkkanne weiterleitet. In die andere Abteilung (**Verteiler**) münden die **Pulsschläuche** (die zwei vom Pulsator herkommenden langen Pulsschläuche, auch Doppelpulsschlauch genannt, und die zu den Melkbechern führenden kurzen Pulsschläuche).

Die **Melkkanne** fassen 16 bis 20 l und sind bequem zu transportieren. Auf ihrem fest schließenden Deckel ist der **Pulsator** angebracht. Er erzeugt den rhythmischen Wechsel von Saug- und Entlastungstakt.

Die zu einer **Melkanlage** gehörenden M.n werden durch die **Vakuumschleife** (Unterdruckschleife) — bei stationären Anlagen eine Rohrleitung — mit der zum Maschinensatz gehörenden Unterdruckpumpe verbunden, die außerhalb des Stalles aufgestellt ist. Diese **Vakuumpumpe** (**Unterdruckpumpe**) erzeugt den für das Melken erforderlichen Unterdruck (Vakuum) durch Absaugen der Luft. Die Höhe des Arbeitsunterdruckes beträgt 320 bis 380 Torr = 0,5 at. Die Pumpe ist meist ein Zellenverdichter (auch Kolbenverdichter kommen vor). Die Vakuumschleife ist jeweils



2 Zweiraum-Melkbecher beim Saugtakt (I) und Entlastungstakt (II).

a Saugkopf, b Melkbecherhülse, c Außenraum, d Zitzengummi, e Innenraum, f Schauglas, g kurzer Pulsschlauch, h kurzer Milchschlauch (die Schraffur gibt den herrschenden Unterdruck an)

zwischen zwei Kühen mit einem Anschlußhahn versehen, an den der zur M. führende Luftschlauch (der lange **Vakuumschlauch** mit den zwei kurzen **Vakuumschläuchen**) angesteckt wird. Unmittelbar an die Pumpe schließt sich der **Schwitzwasserabscheider** an, der Schmutz und Schwitzwasser aus der Vakuumleitung der Pumpe fernhalten soll. Größere Behälter sollen eine Unterdruckreserve speichern. An der Vakuumleitung ist ferner ein **Vakuummeter** angebracht, das die Höhe des Vakuums anzeigt, sowie ein **Vakuumregelventil**, das den Unterdruck in den Melkbechern in einer bestimmten Höhe hält.

Als **Motor** zum Antrieb des Zellenverdichters dient gewöhnlich ein Elektromotor; im Weidemelkbetrieb erfolgt der Antrieb eventuell durch einen Verbrennungsmotor. Bei Verwendung eines Traktors als Kraftquelle kann man auch ohne Pumpe auskommen; der Unterdruck wird dann dadurch erzeugt, daß man die Luft über den Luftfilter des Traktormotors absaugt.

Membran, **Membrane**, ein flächenhafter, am Rand eingespannter, schwingungsfähiger Körper. M.en sind z. B. in der Elektroakustik in Form einer dünnen Haut oder Platte aus Kohle, Metall oder Kunststoff oder in Form eines Kegelmantels aus Papier oder Karton ein kennzeichnendes Bauteil von Wandlern (→ Lautsprecher, → Mikrophon).

In der Kolloidchemie bezeichnet man als M. ein flächenhaft ausgebreitetes Gel von besonderer Elastizität und Festigkeit, z. B. aus Zellulose-nitrat. Natürliche M.en, z. B. Schweinsblasen, sind für biologische Vorgänge von Bedeutung (→ Osmose).

Mendelewium, Symbol **Md**, ein kurzlebiges, radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 101, Massenzahlen der bis jetzt bekannten Isotope 255 und 256 (Halbwertszeit $\approx 1,5$ Stunden), Wertigkeit III. M. wurde 1955 von Ghiorso und Seaborg bei der Einwirkung energiereicher α -Teilchen auf Einsteinium $^{253}_{99}\text{Es}$ entdeckt und nach Mendelejew benannt.

Menge, Mathematik: eine Zusammenfassung bestimmter, wohlunterschiedener Objekte unserer Anschauung oder unseres Denkens (Elemente der M.) zu einem Ganzen. Diese Definition stammt von dem deutschen Mathematiker Georg Cantor (1845–1918), dem Begründer der **Mengenlehre**, die sich mit Untersuchungen der M.n, ihrer Eigenschaften und ihrer gegenseitigen Beziehungen befaßt. Ihr Gegenstand sind z. B. Zahlen-, Punkt-, Funktionsmengen. Je nach der Anzahl der Elemente unterscheidet man **endliche** und **unendliche M.n**. Eine M. bezeichnet man dadurch, daß man ihre Elemente in geschweifte Klammern einschließt, z. B. bedeutet $\mathfrak{M} = \{1, 2, 3, \dots\}$ die (unendliche) M. der natürlichen Zahlen. Für die Aussage, daß a Element der Menge \mathfrak{M} ist, steht das Zeichen $a \in \mathfrak{M}$, andernfalls $a \notin \mathfrak{M}$ (a ist nicht Element von \mathfrak{M}). Zwei Mengen \mathfrak{A} und \mathfrak{B} sind gleich (Zeichen $\mathfrak{A} = \mathfrak{B}$), wenn sie die gleichen Elemente enthalten. Eine Menge \mathfrak{U} heißt **Untermenge** (**Teilmenge**) einer M. \mathfrak{M} (Zeichen $\mathfrak{U} \subset \mathfrak{M}$), wenn sämtliche Elemente von \mathfrak{U} zugleich auch Elemente von \mathfrak{M} sind. Als **Durchschnitt** zweier M.n \mathfrak{A} und \mathfrak{B} (Zeichen $\mathfrak{A} \cap \mathfrak{B}$) bezeichnet man die Gesamtheit aller Elemente, die sowohl zu \mathfrak{A} als auch zu \mathfrak{B} gehören. Zwei M.n sind zueinander **elementfremd** (**disjunkt**), wenn ihr Durchschnitt leer ist (Zeichen $\mathfrak{A} \cap \mathfrak{B} = \emptyset$), d. h. wenn beide M.n kein Element gemeinsam haben. Zwei M.n \mathfrak{A} und \mathfrak{B} heißen **äquivalent** oder von gleicher **Mächtigkeit** bzw. **Kardinalzahl** (Zeichen $\mathfrak{A} \sim \mathfrak{B}$), wenn jedem Element von \mathfrak{A} ein Element von \mathfrak{B} umkehrbar eindeutig zugeordnet werden

kann. Cantor fand z. B., daß zwei M.n verschieden „stark“ unendlich sein können, d. h., die eine Menge besitzt eine größere Mächtigkeit als die andere. Die kleinste Mächtigkeit hat die M. der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, ... M.n, deren Elemente sich unter Verwendung dieser natürlichen Zahlen numerieren lassen, die also der M. der natürlichen Zahlen äquivalent sind, heißen **abzählbar** unendlich. Cantor hat nachgewiesen, daß die M. aller rationalen oder die der algebraischen Zahlen abzählbar unendlich ist, nicht aber die M. der reellen Zahlen (Kontinuum). Die M. der reellen Zahlen besitzt eine größere Mächtigkeit als die der natürlichen Zahlen. — Eine weitere wichtige Eigenschaft einer M. ist die Anordnung ihrer Elemente. Als **angeordnet** bezeichnet man eine M. dann, wenn für je zwei ihrer Elemente definiert ist, welches das vorhergehende und welches das nachfolgende ist. Eine M. heißt **wohlgeordnet**, wenn sie angeordnet ist und jede der Gesamtmenge entnommene geordnete Untermenge ein erstes Element (Anfangselement) besitzt.

Die Entwicklung der Mengenlehre hat auf fast alle Zweige der modernen Mathematik, insbesondere Analysis und Algebra, sowie auf die mathematische Logik einen entscheidenden Einfluß ausgeübt. Auf Grund der Allgemeinheit ihrer Begriffsbildungen stellt die Mengenlehre eine Verbindung zwischen Mathematik und Philosophie her und ist ein wichtiger Gegenstand der mathematischen Grundlagenforschung. Gewissen Widersprüchen, die in der „naiven“ Mengenlehre auftraten, begegnete man durch axiomatischen Aufbau der Mengenlehre (z. B. Stufenaufbau wie in der Typentheorie von Russell und Whitehead).

Lit. Alexandroff: Einführung in die Mengenlehre und die Theorie der reellen Funktionen (dtisch 3. Aufl. Berlin 1968); Fraenkel: Einleitung in die Mengenlehre (3. Aufl. Berlin 1928); Hasse: Mengenlehre und mathematische Logik (Leipzig 1965); Haupt: Mengenlehre — leicht verständlich (Leipzig 1965); Hausdorff: Mengenlehre (3. Aufl. Berlin 1935); Kamke: Mengenlehre (Sammlung Göschen); Kiana: Allgemeine Mengenlehre (Berlin 1964).

Meniskus, 1) Optik: die nach einer Seite durchgebogene Linse. Als Sammellinse hat sie einen mondschelförmigen Querschnitt. Ein M. wird z. B. als Brillenglas oder einfaches Objektiv sowie als Glied zusammengesetzter Objektive in photographischen Kameras verwendet.

2) physikalische Chemie: die gekrümmte Oberfläche einer Flüssigkeit in einer Röhre, → Kapillarität.

Mennige, Blei (II, IV)-oxid, → Blei.

p-Menthan, 1-Methyl-(4)-isopropylzyklohexan, das Grundgerüst wichtiger natürlicher monozyklischer Terpene. p-M. ist eine farblose Flüssigkeit von fenchelartigem Geruch (Kp. 168 °C) und kann durch Hydrierung von p-Zymol gewonnen werden.

Menthol, ein gesättigter, monozyklischer Terpenalkohol, der sich vom p-Menthan ableitet. M. bildet stark pepperminzähnlich riechende und schmeckende Kristalle (F. 43 °C). In der Natur kommt nur L-Menthol vor, besonders im Pfefferminzöl, aus dem es gewonnen werden kann. Das Razemat wird synthetisch durch katalytische Hydrierung von Thymol hergestellt. M. wirkt kühlend, entzündungswidrig, antiseptisch und schmerzstillend. Es wird in Mundwässern, Schnupfenpulvern, Salben, Eiwässern, Kühlstiften, Hustenbonbons u. a. verwendet.

Mercury, Name einer Serie von Raumschiffen der USA, → Raumfahrt.

Mergel, ein Sedimentgestein, das aus einem Gemenge von Ton und Karbonatmineralen (meist Kalzit) besteht. Das Mengenverhältnis der beiden Bestandteile schwankt in weiten Grenzen. **Kalkmergel** enthalten viel (>65 %), **Tonmergel** dagegen wenig (<25 %) Kalzit. **Sandmergel** zusätzlich Sand, **dolomitische M.**

statt des Kalzits Dolomit. Die vom Inlandeis oder von Gletschern abgelagerten **Geschiebemergel** sind von zahlreichen größeren und kleineren Geschieben durchsetzt. Die Farbe der Mergel ist sehr verschieden. Viele M., auch der verfestigte **Steinmergel**, neigen an der Luft und in Berührung mit Wasser zu bröckligem Zerfall. Besonders die kalkreichen M. ergeben fruchtbare Böden und werden daher auch als Düngemittel verwendet. M. dient außerdem als Rohstoff für die Zementherstellung.

Meridian, 1) Astronomie: **Mittagskreis**, der auf dem Horizont senkrecht stehende Kreis am Himmel, der durch Zenit, Nadir und die Himmelspole geht und den Horizont im Nord- und Südpunkt schneidet. Alle Himmelskörper erreichen bei ihrer scheinbaren täglichen Bewegung im M. ihre größte und kleinste Höhe über oder unter dem Horizont.

2) Geographie: → Länge 1).

Meridiankreis, → astronomische Instrumente.

Meridiane, svw. → Thioalkohole.

Merkaptogruppe, svw. → Sulfhydrylgruppe.

Merkur, der sonnennächste Planet, Zeichen ☿. Sein Durchmesser beträgt 4840 km, seine Umlaufzeit um die Sonne 88 Tage. Die Dauer der Umdrehungszeit um seine Achse wird auf Grund von Radarbeobachtungen zu etwa 58,4 Tagen angenommen. Die Temperaturunterschiede zwischen der von der Sonne beleuchteten (350 °C) und der der Sonne abgekehrten Seite –200 °C sind sehr groß. Die Bahn des M. zeichnet sich durch große Exzentrizität (0,21) aus; seine Entfernung von der Sonne schwankt zwischen 46 und 70 Millionen km, sein Abstand von der Erde zwischen 82 und 217 Millionen km. Trotz der wahrscheinlich vorhandenen dünnen Atmosphäre ist über die Oberflächenstruktur des M. nur wenig bekannt. Man nimmt an, daß sie Ähnlichkeit mit der des Mondes besitzt. Weiteres → Planet, Übers.

Merkuri..., veraltete Bezeichnung für Quecksilber(II)-..., z. B. Merkursulfat für Quecksilber(II)-sulfat.

Merkuro..., veraltete Bezeichnung für Quecksilber(I)-..., z. B. Merkursulfat für Quecksilber(I)-sulfat.

Mersolate, Wz. (DDR), Waschrohstoffe, auf Basis von Alkylpolysulfonat. Sie werden hergestellt durch Sulfochlorierung geradkettiger Kohlenwasserstoffe.

Mersole, Alkansulfochloride von der allgemeinen Formel $C_nH_{2n+1}SO_2Cl$, die durch Sulfochlorierung aliphatischer Alkane ($C_{14}H_{30}$ bis $C_{18}H_{38}$) entstehen. Die im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ und im VEB Farbenfabrik Wolfen hergestellten M. unterscheiden sich im Sulfochlorierungsgrad. Die bei der Verseifung mit Natronlauge erhaltenen Produkte werden als Emulgatoren und Ausgangsstoffe für Weichmacher und Waschmittel verwendet.

Lit. Asinger: Chemie und Technologie der Paraffin-Kohlenwasserstoffe (2. Aufl. Berlin 1959), Einführung in die Petrochemie (Berlin 1960).

Merzerisieren, ein Verfahren der Textilveredlung, das kurzzeitige Behandeln von Baumwollfäden oder -geweben mit starker kalter Natronlauge unter gleichzeitigem Strecken. Es bewirkt erhöhten Glanz, bessere Farbstoffaufnahme und größere Festigkeit. Das Verfahren wurde 1844 von Mercer erfunden.

Mesitinspat, → Magnesit.

Mesomerie, auch **Resonanz** genannt, eine mit Energiegewinn verbundene Delokalisierung von Elektronen bei Molekülen, die in Konjugation zueinander mindestens 2 π -Elektronenpaare oder ein π -Elektronenpaar und ein freies Elektronenpaar enthalten. Nach der von C. K. Ingold 1933 begründeten Mesomerielehre kann der reale Grundzustand derartiger Moleküle nicht durch

eine konkrete Strukturformel wiedergegeben werden. Angeregte Zustände des reagierenden Moleküls werden durch „Grenzstrukturen“ dargestellt, die sich lediglich in der Art der Elektronenanordnung unterscheiden (→ Benzol, Formel unten). Der tatsächliche Zustand des Moleküls liegt zwischen diesen Grenzzuständen.

Mesonen, mittelschwere, instabile Elementarteilchen, deren Ruhmasse zwischen der der Elektronen und der der Nukleonen liegt. Die Existenz der M. wurde 1935 von Yukawa (Nobelpreis 1949) vorausgesagt, der damit die Kräfte im Atomkern zu erklären versuchte (→ Austauschenergie, → Quantentheorie der Felder).

Man kennt heute eine größere Zahl verschiedener M., die man z. B. durch griechische Buchstaben und daraus hergeleitete Kurzbezeichnungen unterscheidet. Sie sind teils elektrisch geladen, teils neutral. Die μ -Mesonen (auch als **Myonen** bezeichnet) werden der Klasse der Leptonen zugeordnet. Sie bedingen die hohe Durchdringungsfähigkeit der kosmischen Ultrastrahlung. Zur Klasse der M. gehören die 1947 von Lattes, Occhialini und Powell in Kernemulsionen entdeckten π -Mesonen (auch als **Pionen** bezeichnet) der Höhenstrahlung, die mit den Yukawaschen Kernmesonen (Yukonen, ungebräuchlich) identisch sind, und die **K-Mesonen**. (Weiteres → Elementarteilchen, Tab.). Heute kann man M. mit Hilfe von großen Teilchenbeschleunigern auch künstlich erzeugen.

Mesopause, → Atmosphäre.

Mesoscaaph, ein → Tiefseetauchgerät.

Mesosphäre, → Atmosphäre.

Mesothorium, ältere Bezeichnung für die beiden ersten Tochtersubstanzen der Thoriumzerfallsreihe (→ Radioaktivität). Sie wurden 1907 von O. Hahn entdeckt. **Mesothorium I** ($MsTh_1$) ist identisch mit dem Radiumisotop ^{226}Ra , **Mesothorium II** ($MsTh_2$) mit dem Aktiniumisotop ^{228}Ac . Die Halbwertszeit beträgt bei $MsTh_1$ 6,7 Jahre, bei $MsTh_2$ 6,13 Stunden.

Mesozoikum, das Mittelalter der Erde (→ System, Tab.).

Mesozone, ein Wirkungsbereich der → Metamorphose.

Meßbereich, → Anzeigebereich.

Meßbild, in der Photogrammetrie ein mit einer Meßkammer aufgenommenes photographisches Bild. Gegenüber normalen photographischen Bildern unterscheidet es sich dadurch, daß die innere Orientierung bekannt ist (→ Meßkammer); dadurch kann das bei der Aufnahme vorhandene dingeitige Strahlenbündel leicht wiederhergestellt werden. Bei der → terrestrischen Photogrammetrie spricht man von **Erdbildern** oder **terrestrischen Bildern**, bei der → Aerophotogrammetrie von → **Luftbildern**.

Meßblende, svw. → Drosselblende.

Meßbrücke, svw. → Brückenschaltung.

Meßdraht, ein Draht von bestimmtem elektrischem Widerstand aus Konstantan oder Manganin für Meßbrücken und Kompensatoren.

Meßdruck, die Meßkraft bezogen auf die Berührungsfläche, fälschlich oft für → Meßkraft benutzt. Der M. ist besonders bei Tastschnittgeräten (→ Oberfläche) von Bedeutung, da zum Erkennen feinsten Strukturen entsprechende Tastspitzen (bis herab zu 2 μm Spitzenradius) nötig sind. Selbst bei kleiner Meßkraft ergibt sich ein hoher M. (z. B. 1 p Meßkraft = 1000 kp mm⁻² M.), der zu Beschädigungen der Prüboberfläche führen kann.

Messen (Tafel 46), **Messung**, das Vergleichen mit einem Normal, entweder als Unterschiedsmessung, d. h. M. des Unterschiedes zwischen Prüfling und Normal, oder als unmittelbare Messung, d. h. M. durch Anlegen eines Maßstabes oder Verwendung eines Meßgerätes mit eingebautem Normal; → Meßtechnik.

Messerkopf

Messerkopf, ein auf Werkzeugmaschinen eingesetzter umlaufender Werkzeugträger, besonders zum → Fräsen.

Messerschneiden, → Zerteilen.

Meßgeräte, Einrichtungen (Meßmittel) zur objektiven Feststellung und quantitativen Erfassung von physikalischen, chemischen und geometrischen Eigenschaften oder Erscheinungen, die auf Grund ihrer Größe (Astronomie, Geodäsie) oder ihrer Kleinheit (Feinmeßtechnik) oder wegen des Fehlens oder der Begrenztheit entsprechender Sinnesorgane direkt nicht zugänglich sind (elektrische, akustische Erscheinungen u. a.). Die M. haben die Aufgabe, die Meßgröße durch Vergleich mit der jeweiligen Maßeinheit quantitativ zu erfassen und diesen quantitativen Zusammenhang anzuzeigen. Nach dem Wirkungsprinzip unterscheidet man z. B. mechanische, optische, pneumatische, elektrische M., nach der Art der Anzeige M. mit stetig veränderbarer (analoger) Anzeige, z. B. in Form eines Zeigerausschlages oder eines Ton-, Licht- oder Farbsignales, und M. mit unstetiger, sprunghafter (digitaler) Anzeige, z. B. Ziffernanzeige durch ein Zahlwerk. Weiteres → elektrische Meßinstrumente.

Die Verwendbarkeit eines Meßgerätes mit Zeiger und Strichskala wird gekennzeichnet durch → Anzeigebereich, → Empfindlichkeit, Skalenwert (→ Skale) und → Umkehrspanne.

Messing, Normbezeichnung Ms, eine Legierung aus 55 bis 95 % Kupfer und 5 bis 45 % Zink. Nach dem Kupfergehalt unterscheidet man → Tombak und → Muntzmetall, nach den Eigenschaften und der Verwendung Guß-, Schrauben-, Schmiedes- und Knetmessing, Druckmessing. Sondermessing enthalten neben Kupfer und Zink noch Nickel, Mangan, Zinn, Eisen, Aluminium oder Silizium. Diese Zusätze ergeben besondere Verbesserungen der mechanischen Festigkeit bzw. des Korrosionswiderstandes. Sondermessing sind z. B. → Deltametall und → Duranmetall. Bei einem Zinkgehalt unter 18 % ist M. rot gefärbt (**Rotmessing**). Legierungen mit höherem Zinkgehalt (20 bis 45 % Zink) sind gelb bis gelbweiß gefärbt (**Gelbmessing** oder **Gelbguß**).

Alle Messingarten werden in großem Umfang im Maschinenbau verwendet. Aus M.en mit Zinkgehalten bis 37 %, die kalt verformt werden können, stellt man Halbzeuge aller Art her. M.e mit Zinkgehalten bis zu 45 % können nur warm verformt werden; man verwendet sie für Armaturen, elektrische Apparateile, in der Uhrenindustrie, im Schiffbau, für Schrauben und Niete.

Meßkammer (Tafel 53), in der Photogrammetrie allgemeine Bezeichnung für Geräte zur photographischen Aufnahme von → Meßbildern. Die Bildebene wird mechanisch durch einen plan- geschliffenen Anlegerahmen definiert, auf dem ein rechtwinkliges Koordinatensystem markiert ist. Bei der Belichtung wird die Schichtseite des Aufnahmematerials an den Anlegerahmen gedrückt, und das Koordinatensystem wird auf das Bild kopiert. Ferner ist der Lotfußpunkt des bildseitigen Projektionszentrums in der Bildebene und die Länge des Lotes auf die Bildebene bekannt (innere Orientierung).

Die Optik einer M. soll verzerrungsarm sein, d. h., die Abbildung soll geometrisch möglichst gut einer Zentralperspektive entsprechen.

Zur Aufnahme von Erdbildern oder Luftbildern besitzen die M.n im allgemeinen noch Zusatzeinrichtungen (→ Phototheodolit, → Reihenmeßkammer).

Lit. → Photogrammetrie.

Meßkuppe, eine spezielle Schieblehre zum Messen der Dicke von Baumstämmen, Hölzern u. ä.

Meßkraft, bei Längenmeßgeräten die durch Federn erzeugte Kraft, die ein sicheres Anliegen

der Meßflächen von Meßgerät und Meßgegenstand gewährleistet. Die M. verursacht elastisch-plastische Verformungen des Meßgegenstandes, die bei Feinmessungen berücksichtigt werden müssen. Übliche Meßkräfte sind bei Meßuhren und Feinzeigern 100 bis 200 p (Pond), bei Meßschrauben 1 kp (Kilopond). Sehr kleine Meßkräfte sind bei Oberflächenastschnittgeräten erforderlich (0,1 bis 1 p). M. ist nicht zu verwechseln mit → Meßdruck.

Meßmaschine, **Längenmeßmaschine**, **Längenmesser**, eine Maschine zur Längenmessung von Werkstücken für größere Längen (bis zu 4 m) mit kleiner Meßunsicherheit (maximaler Fehler 0,5 bis 5 µm je nach Meßlänge). Die Längenmessung erfolgt durch Vergleich des zu messenden Werkstückes mit einem Längennormal (Endmaß oder Maßstab). Die M. hat ein sehr stabiles Bett, das die Führungen für zwei verschiebbare Meßböcke trägt. In diesen sind zwei einander zugekehrte Meßbolzen gelagert, zwischen die einmal das zu messende Werkstück und zum anderen das Vergleichsnormale gebracht wird. Der Längenunterschied zwischen Normal und Werkstück wird durch Verstellen der Meßbolzen mittels Meßschraube oder mittels Feinzeigers auf mechanischem oder optischem Wege gemessen. Bei optischen M.n wird das Normal durch einen Maßstab dargestellt, an dem die Stellung des Meßbockes oder des Schlittens mittels eines Mikroskops abgelesen wird.

Meßmittel, **Meßzeuge**, fälschlich **Meßwerkzeuge** genannt, die Hilfsmittel der speziellen Meßtechnik. Die M. werden eingeteilt in Maßverkörperungen (→ Normal) und → Meßgeräte.

Meßrädchen, swv. → Kurvenmesser.

Meßrakete, swv. → Höhenforschungsrakete.

Meßreihenbildner, swv. → Reihenmeßkammer.

Meßsatellit, → Erdsatellit, → Raumfahrt.

Meßschieber, swv. → Schieblehre.

Meßschraube (nach TGL 15046), früher **Mikrometer** oder **Mikrometerschraube** genannt, ein Längenmeßgerät, bei dem als Längennormale eine Gewindespindel verwendet wird. Der zu messenden Länge entspricht eine bestimmte Anzahl von Spindelumdrehungen. Die vollen Spindelumdrehungen, die eine Verschiebung der Spindel gegenüber dem feststehenden Mutterstück bewirken, werden an einer Längsteilung, die Bruchteile einer Spindelumdrehung an der Rundteilung der Meßtrommel angezeigt. Die Rundteilung ist so eingerichtet, daß sich die Gewindespindel beim Drehen um einen Teilstrichabstand von 0,01 mm in Richtung ihrer Achse bewegt. Die M. wird als Meßwerk in verschiedenen Meßvorrichtungen verwendet, so z. B. eingebaut in einen biegesteifen Bügel als → Bügelmeßschraube, als Einbaumeßschraube an Koordinatenmeßtischen von Meßmikroskopen zum Messen der Tischverschiebung oder als Okularmeßschraube am Mikroskop zum Ablesen von Maßstäben oder zur direkten Messung kleiner Längen. Beim Meßokular wird mit Hilfe der M. eine Strichplatte mit Strichmarke gegenüber einer im Sehfeld des Mikroskopokulars befindlichen Strichteilung meßbar verschoben. An der Teiltrommel der M. werden die Bruchteile der Okularstrichteilung abgelesen.

Meßschreiber, Meßinstrumente zum Aufzeichnen des zeitlichen Verlaufs eines Vorgangs. In der Elektrotechnik enthalten die M. die gleichen Meßwerke wie die Zeigerinstrumente (→ elektrische Meßinstrumente). Sie sind jedoch im allgemeinen mit einem höheren Drehmoment ausgestattet, um die zusätzliche Reibung der Schreibfeder auf dem Papier und des Schreibmechanismus zu überwinden, und haben dementsprechend einen höheren Leistungsverbrauch. Bei der einfachsten Ausführung wird die Drehung des Meßwerkes auf eine Schreibfeder übertragen. Bei M.n mit fremder Hilfskraft wird die Schreib-

feder z. B. mit einem kleinen Motor bewegt. Das schwache Meßwerk kontrolliert nur die richtige Schreibfedereinstellung und steuert dementsprechend den Motor. Dadurch ist auch die Aufzeichnung kleiner elektrischer Größen, die kein Meßwerk mit ausreichendem Drehmoment betätigen könnten, möglich. Beim **Punktschreiber** spielt der Zeiger eines schwachen Meßwerkes leicht über dem Schreibpapier und wird in gewissen zeitlichen Abständen durch eine Hilfskraft niedergedrückt. Auf dem bewegten Papierband reihen sich dann Punkte zu einer Meßkurve aneinander. Der empfindlichste M. ist der **Lichtschreiber**, da er ohne mechanisches Anzeigorgan arbeitet. Er ist wie der Schleifenoszillograph (→ Oszillograph) aufgebaut; der Lichtstrahl schwärzt ein lichtempfindliches Papier.

Meßtechnik, der Bereich der Metrologie, der sich mit der Technik der Ausführung von Messungen (→ Messen) befaßt. Jede der angewandten Wissenschaften hat ihre eigene M.: elektrische, akustische, chemische, medizinische M. usw. Das allen M.en Gemeinsame faßt die **allgemeine M.** zusammen. Die **ökologische M.** lehrt die Regelung der Umwelteinflüsse (klimatisierte Meßräume und -laboratorien, abgeschirmte Geräte) und die rechnerische Berücksichtigung (Umrechnung auf den Normalzustand, Korrekturen) nicht regelbarer Umwelteinflüsse. Die **psychologische** und **physiologische M.** behandeln den Einfluß der Meßperson auf das Meßergebnis, z. B. die durch den Bau der Sinnesorgane (Auge, Ohr) bedingten Grenzen. Die **konstruktive M.** untersucht den Einfluß des Bauprinzips (Anordnung von Prüfling und Normal, Meßkraft, Ausbildung der Stative, Eigenwiderstand bei elektrischen Geräten) und des Funktionsprinzips (z. B. mechanische, pneumatische, optische und elektrische Längenmeßgeräte, chemische Analyse und Spektralanalyse) eines Meßgerätes oder einer Meßmethode. Die **funktionelle M.** berücksichtigt die gegenseitige Beeinflussung aller am Prüfobjekt vorkommenden meßbaren Größen (Form und Maß, Volumen und Masse usw.). Nicht beherrschbare zufällige Fehler werden in der **statistischen M.** mathematisch beurteilt und abgeschätzt. Mit der Eingliederung der M. in den Produktions- oder Forschungsablauf mit dem Ziel einer optimalen Angleichung von Funktionssicherheit und Wirtschaftlichkeit (Schwachstellenforschung, Stichprobenkontrolle) befaßt sich die **organisatorische M.** oder **Kontrolltechnik**.

Die **Feinmeßtechnik** (geometrische M.) umfaßt die Messung von Längen und solchen Meßgrößen, die sich auf Grund bestimmter geometrischer Zusammenhänge auf Längen zurückführen lassen, z. B. Winkel, Körperform, Lage von Flächen, Oberflächengestalt. Spezialgebiete der geometrischen M. sind z. B. Gewinde-, Zahnrad- und Oberflächenmessungen. Zur Lösung ihrer Aufgaben benötigt die Feinmeßtechnik instrumentelle Hilfsmittel (→ Meßmittel), um kleinste Maßunterschiede wahrnehmbar zu machen. Die Feinmeßtechnik wird im → Austauschbau angewendet, wo ein gut aufgebautes betriebliches Meßwesen (Fertigungskontrolle, Meßmittelkontrolle, Meßlabor u. a.) Voraussetzung ist.

Lit. Bock: Einführung in die M. (Berlin 1954); Lehmann: Leitfaden der Längenmeßtechnik (Berlin 1960); Curth: Betriebsmeß- und Regelungstechnik, Tl 1 Betriebsmeßtechnik (2. Aufl. Berlin 1965); Drachsel: Grundlagen der elektrischen M. (Berlin 1966); Eckerkunst: Automatisierung in der Längenmeßtechnik (2. Aufl. Berlin 1966); Paul: Transistormeßtechnik (Berlin 1966); Wiedmer: Technische Informationen messen — steuern — regeln (5. Aufl. Berlin 1967). Ztschr. Fein- geräte-technik (Berlin); messen — steuern — regeln (Berlin).

Meßtisch, früher auch **Mensel** genannt, ein Vermessungsgerät, das in Verbindung mit der auf

dem M. aufgestellten → Kippregel zur Aufnahme von Karten oder Plänen (**Meßtischaufnahme**) dient. Der M. besteht aus einer quadratischen Holzplatte von etwa 50 cm × 50 cm Größe, die auf einem Stativ ruht. Die Platte wird mit Zeichenkarton überspannt, auf dem die im Gelände vorhandenen Festpunkte im gewünschten Maßstab eingetragen sind. Der M. wird über einem Festpunkt aufgestellt, mittels Libelle horizontalisiert und mit einer Bussole nach Magnetisch-Nord oder mit Hilfe der Kippregel nach einem anderen Festpunkt orientiert. Danach werden die aufzunehmenden Geländepunkte der Reihe nach mit der Kippregel angezielt, die Richtungen durch Ziehen eines scharfen Bleistiftstriches längs der Linealkante der Kippregel aufgetragen und die nach dem Verfahren der Tachymetrie ermittelten Entfernungen auf diesen Strahlen im gewünschten Maßstab abgesetzt. Die Höhen der Punkte werden angeschrieben.

Als **Meßtischblätter** werden im weiteren Sinne alle mit dem M. aufgenommenen Originalkarten bezeichnet; in engeren Sinne versteht man darunter das 1870 begonnene amtliche Kartenwerk im Maßstab 1 : 25 000.

Meßuhr, ein anzeigendes Längenmeßgerät, bei dem die Verschiebung eines Meßbolzens durch eine Zahnstange o. ä. und Zahnräder vergrößert angezeigt wird. Die Meßwertanzeige erfolgt durch Zeiger auf Kreisskalen. Die zulässigen Fehler der Anzeige sind für M.en verschiedener Ausführungen in TGL 7682 festgelegt.

Meßumformer, **Transmitter** [aus dem Englischen], ein → Meßwandler, der die Umformung verschiedener Meßgrößen durchführt, um diese an genormte Daten nachgeschalteter Anzeigegeräte anzupassen. Fungiert ein M. als Bauglied einer → Regeleinrichtung, so hat er die Aufgabe, verschiedene Meßgrößen (→ Regelgröße) so umzuformen, daß diese den genormten Daten industriell gefertigter Regler angepaßt sind. Es handelt sich dabei meist um Luftdrücke oder eingepreßte elektrische Ströme in bestimmten Aussteuerbereichen. Darüber hinaus haben die M. die Aufgabe, die Regelgröße in eine als Signal leichter fortleitbare Größe zu verwandeln. M. werden meist am Meßort angebracht, d. h. unmittelbar an der → Regelstrecke. In der chemischen Industrie werden durch M. z. B. giftige, feuer- oder explosionsgefährdete Stoffe von den Meßräumen ferngehalten.

Lit. → Regelung.

Meßumsetzer, → Meßwandler.

Messung, → Messen.

Meßwandler, ein in eine Meßeinrichtung eingebauter Wandler. Er dient dazu, die von dem Meßwertempfänger erfaßte Meßgröße (Eingangssignal) in ein solches Ausgangssignal umzuformen, das dem Meßbereich des nachgeschalteten Anzeige- oder Registriergerätes angepaßt ist. Weiteres → Transformator.

Ein M. wird als → **Meßumformer** bezeichnet, wenn das Ausgangssignal eine stetig veränderbare (analoge) Größe ist. Er heißt **Meßumsetzer**, wenn das Ausgangssignal eine unstetige (digitale) Größe ist, die nur eine begrenzte Anzahl in bestimmter Weise gestufter Werte annehmen kann.

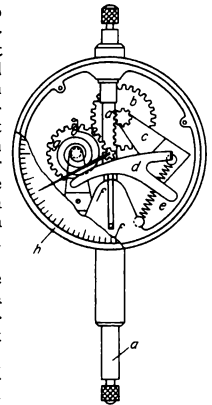
Lit. TGL 14591 Steuerungs- und Regelungstechnik, Begriffe, Benennungen.

Meßzeuge, → Meßmittel.

Met, Abk. für → Methionin.

meta-, abg. m-, Bezeichnung für die 1,3-Stellung von zwei Substituenten am Benzolring, z. B. m-Dichlorbenzol statt 1,3-Dichlorbenzol.

Metablastese, ein Stadium der Ultrametamorphose. Die M. bewirkt die Bildung von Porphyroblasten, d. s. Großkristalle von Feldspäten (Orthoklas oder natriumreicher Plagioklas) im



Aufbau einer Meßuhr.
a Meßbolzen mit Zahnstange, b Zahnrad, c Lager, d Doppelhebel, e Zugfeder, f Anschläge für Taststift, g Spiralfeder, h Kreisseil mit 1/100-mm-Teilung

festen Kornverband eines Gesteins. Der Stoff der Feldspäte entstammt der Umlagerung im Gestein oder einer Zufuhr von außen. Er wird durch bewegliche Phasen auf den Korngrenzen transportiert. Schmelzvorgänge sind nicht beteiligt.

Metadyne, eine → Querfeldmaschine.

Metagalaxis, gelegentlich benutzte Bezeichnung für die Gesamtheit der heute bekannten Sternsysteme einschließlich der Milchstraße.

Metalddehyd, tetramerer → Azetaldehyd.

Metall, → Metalle.

Metallbindung, → Bindung 1).

Metalldampf Lampe, eine → Gasentladungslampe, bei der meist unter Anwesenheit von Edelgasen Metalldämpfe (Quecksilber, auch Natrium, Kadmium, Zäsiun, Gallium) zum Leuchten gebracht werden. Im allgemeinen haben M.n zur Verringerung der Austrittsarbeit Glühkatoden im Gegensatz zu den → Leuchtröhren mit kalten Elektroden. Dadurch ist es möglich, die Betriebsspannung niedrig zu halten und die M. aus dem Netz zu speisen. Die bei gleichem Querschnitt der Röhren weit höhere Stromstärke (1 bis etwa 200 Ampere) ergibt eine höhere Leuchtdichte und Lichtausbeute als bei Leuchtröhren. Nach der Zündung verdampft mit zunehmender Erwärmung der Röhre allmählich das Metall, und der Dampfdruck wächst. Wegen der fallenden Stromspannungscharakteristik muß im Stromkreis ein Widerstand oder eine Drossel (bei Wechselspannung) liegen. Da die Metall-dampf Lampe eine geringere Anregungsspannung benötigen als die Edelgasatome, verschwindet die dem Grundgas eigentümliche Lichtfarbe nach einigen Minuten, und die Lampe strahlt dann das der Metallfüllung entsprechende Licht aus (z. B. Quecksilber bläulichweiß, Natrium goldgelb, Zäsiun reich an infraroter Strahlung).

Bei den **Quecksilberdampf Lampen** unterscheidet man zwischen Niederdrucklampen (0,01 bis 0,1 Torr), Hochdrucklampen (0,1 bis 10 at) und Höchstdrucklampen (10 bis 100 at). **Quecksilber-niederdrucklampen** strahlen das reine Quecksilberlinienspektrum aus, sehr intensiv vor allem die UV-Resonanzlinie bei 254 nm. Sie finden daher als UV-Strahler Verwendung, z. B. in der Medizin und für bakteriologische Aufgaben. **Quecksilberhochdrucklampen** strahlen besonders stark bei 366 nm sowie im blauen und gelbgrünen Spektralbereich. Sie werden in einer glühlampenähnlichen Form immer mehr zur intensiven Straßenbeleuchtung verwendet, wobei sie ähnlich den Leuchtstofflampen auf der Innenseite mit einem geeigneten Leuchtstoff belegt sind. Lampen bis zu 400 Watt und der sehr hohen Lichtausbeute von über 40 lm W⁻¹ (Lumen/Watt) sind handelsüblich, solche mit 1000 W in der Entwicklung. Quecksilberhochdrucklampen mit Quarzkolben werden als → Quarzlampen verwendet. Ein Nachteil der Quecksilberhochdrucklampe ist der fehlende Rotanteil der Strahlung. Abhilfe ist durch einen Leuchtstoffbelag am Lampenkolben möglich, der die ultraviolette Strahlung in sichtbares Licht wandelt. Neuerdings werden durch Metalljodidzusätze im Entladungsraum eine Steigerung der Lichtausbeute und weitere Farbverbesserungen erzielt. Eine Quecksilberhochdrucklampe besonderer Art ist die **UV-Standardlampe**, eine Normallampe zur absoluten spektralen Vermessung von Quecksilberlampen aller Art. Die im allgemeinen kugelförmig ausgebildeten **Quecksilberhöchstdrucklampen** haben einen sehr kurzen, aber äußerst hellen Lichtbogen mit Leuchtdichten bis zu 100 000 cd cm⁻². Sie eignen sich besonders gut für extrem lichtstarke Scheinwerfer, haben jedoch nur relativ geringe Lebensdauer.

Die **Natriumdampf Lampen** (Natriumlampen) sind Niederdrucklampen und strahlen nur das

gelbe Licht der Natrium-Doppellinie bei 589 nm aus, sind also monochromatische Strahler. Sie arbeiten äußerst wirtschaftlich mit einer Lichtausbeute bis zu 67 lm W⁻¹ und haben eine hohe Lebensdauer. Sie werden zur Beleuchtung von Straßen verwendet, obgleich die von ihnen beleuchtete Landschaft sehr fahl aussieht.

Spektrallampen sind Niederdrucklampen, die mit besonders reinen Metalldämpfen gefüllt sind und daher die Linien der entsprechenden Metalle sehr rein ausstrahlen. Sie finden Anwendung zur Erzeugung monochromatischer Strahlung (in Verbindung mit geeigneten Farbfiltern) und zur Wellenlängeneichnung von Spektralapparaten.

Eine M. ist auch die → Leuchtstofflampe.

Lit. Rompe u. Ihln: Die Metallhochdrucklampe (Berlin 1958).

Metalldrahtlampe, → Glühlampe.

Metalle, chemische Elemente, die im festen und flüssigen Zustand als charakteristische Eigenschaften Oberflächenglanz, geringe Lichtdurchlässigkeit, hohes Leitvermögen für Wärme und große, mit abnehmender Temperatur steigende elektrische Leitfähigkeit zeigen. Außer dem flüssigen Quecksilber befinden sich die M. bei Raumtemperatur im festen Aggregatzustand, in dem sie plastisch formbar sind. M. besitzen einen definierten Schmelzpunkt. Untereinander vermögen sie Legierungen zu bilden, im Gaszustand sind sie wie die Edelgase einatomig. Formbarkeit, Leitfähigkeit und Legierungsfähigkeit haben den M.n die große technische Bedeutung gegeben. Die Formbarkeit ermöglicht Schmieden, Pressen, Walzen, Ziehen. Auf der guten elektrischen Leitfähigkeit, einer Folge der guten Beweglichkeit von Außenelektronen durch die Metallatome, beruht ihr Einsatz in der Elektrotechnik.

Man erklärt viele Eigenschaften der M. aus der Tatsache, daß im metallischen Kristallgitter die äußeren Elektronen nur lose gebunden und damit leicht verschiebbar sind. Der Glanz und die Undurchsichtigkeit der M. beruhen auf Absorption oder Streuung des einfallenden Lichtes durch die Elektronen. Die plastische Formbarkeit hängt damit zusammen, daß sich im Gitter die positiven Ionen in dichter Packung befinden und eine Verschiebung derselben auf bestimmten Ebenen längs definierter Richtungen möglich ist.

M. zeigen die Tendenz, ihre Außenelektronen bei der Verbindung mit Nichtmetallen an diese abzugeben. Diese Tendenz ist besonders stark bei den Alkalimetallen mit 1 Außenelektron und den M.n der Erdalkaligruppe mit 2 Außenelektronen. So entstehen positive Metallionen (Kationen), die sich mit den negativen Nichtmetallionen (Anionen) zu einem Ionengitter, z. B. dem der Metallhalogenide, -oxide oder -sulfide, ordnen. Die Oxide der M. weisen im allgemeinen basische Eigenschaften auf (mit Wasser Bildung von Hydroxiden). Einige haben amphoteren Charakter, z. B. Blei(II)-oxid PbO, nur wenige sind Säureanhydride, z. B. Mangan(VII)-oxid Mn₂O₇.

Von den bis jetzt bekannten 104 chemischen Elementen zählt man 78 zu den M.n, z. B. die Elemente der Gruppe I und II des Periodensystems, sämtliche Elemente der Nebengruppen, die Lanthanide und die Elemente der Aktinierreihe. Eine scharfe Abgrenzung zwischen M.n und Nichtmetallen kann nicht getroffen werden.

Einige chemische Elemente weisen teils metallische, teils nichtmetallische Eigenschaften auf und werden als → Halbmetalle bezeichnet.

Einteilung der M. Nach der Dichte unterscheidet man → Leichtmetalle und → Schwermetalle. Die geringste Dichte hat Lithium (0,5349), die höchste Osmium (22,5). Auf der unterschiedlichen Oxydierbarkeit der M. beruht die Einteilung in → Edelmetalle und unedle M.

Einander sehr ähnliche M. bilden die Gruppen der → Alkalimetalle, → Erdalkalimetalle, → Platinmetalle und → Seltenerdmetalle. In der Technik unterscheidet man Eisen und seine Legierungen einerseits und → Nichteisenmetalle andererseits; zu letzteren gehören z. B. die → Buntmetalle.

Technisch wichtige M. sind Aluminium, Beryllium, Blei, Chrom, Eisen, Kadmium, Kobalt, Kupfer, Magnesium, Mangan, Molybdän, Nickel, Platin, Plutonium, Quecksilber, Tantal, Titan, Uran, Vanadin, Wismut, Wolfram, Zinn, Zirkonium und die Lanthanide.

In der Natur treten die M. hauptsächlich in sehr verschieden zusammengesetzten Erzen auf; nur die Edelmetalle kommen zum Teil, Kupfer und Meteoriten vereinzelt gediegen metallisch vor. In den wichtigsten Erzen ist das Metall an Sauerstoff oder Schwefel gebunden.

In der **Metallhüttenindustrie** werden die M. aus den Erzen und Erden (z. B. Aluminium) gewonnen und in den Halbzugwerken (Walzwerke, Gießereien u. a.) weiterverarbeitet. Zur Metallverarbeitung gehören Schmelzen, Gießen, Elektrolyse, Spritzen, Sintern, Kalt- und Warmformen, Verbinden und Trennen, Wärme- und Oberflächenbehandlung (→ Metallkunde, → Metallographie).

Die Lehre von der Gewinnung der M. aus Erzen und metallhaltigen Rückständen sowie ihre Veredlung und Weiterverarbeitung bezeichnet man als → Metallurgie.

Lit. Borchers: Metallkunde (2 Bde, Leipzig 1959 und 1962); Dehlinger: Theoretische Metallkunde (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956); Eisenkolb: Einführung in die Werkstoffkunde, Bd 1 (9. Aufl. Berlin 1960); Masing: Lehrb. der allgemeinen Metallkunde (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950); Ohmann: Allgemeine und praktische Metallkunde (Leipzig 1955); Pogodin-Alexejew, Geller, Rachtschadt: Metallkunde (dtsh Berlin 1956); Schrader: Chemie seltener M., 3 Lehrbriefe (Freiburg 1959/60); Schreiter: Seltene M. (Leipzig, Bd I 2. Aufl. 1963, Bd II 1961, Bd III 1962); Schwoch u. Blume: Das Bearbeiten der M. (4. Aufl. Leipzig 1951); Stapf: Chemie und Technologie für die Metallindustrie (Leipzig 1953); Tafel: Lehrb. der Metallhüttenkunde (3 Bde 2. Aufl. Leipzig 1951/54); → Werkstoffe.

Metallholz, → Holz.

Metallinfrarotfilter, ein → optisches Filter.

metallische Überzüge, → Korrosionsschutz.

Metallisieren, das Überziehen von Nichtmetallen, vorwiegend Plasten, mit sehr dünnen Metallschichten zur Oberflächenvergütung, zur Erzielung elektrischer Leitfähigkeit oder dekorativer Effekte. Verfahren des M.s sind 1) das galvanische M. des vorher elektrisch leitend gemachten Untergrunds; 2) das Niederschlagen des aus einer Metallsalzlösung reduzierten Metalls; 3) das Aufspritzen des geschmolzenen Metalls in Nebelform (→ Metallspritzen); 4) das Verdampfen oder Zerstäuben und Niederschlagen des Metalls im Hochvakuum.

Metallkarbonyl, oft kurz als **Karbonyl** bezeichnet, Verbindungen von bestimmten Metallen mit Kohlenmonoxid; sie werden unter Druck hergestellt und dienen zur Darstellung sehr reiner Metalle. Die wichtigsten M. sind Eisenpentakarbonyl $\text{Fe}(\text{CO})_5$ und Nickeltettrakarbonyl $\text{Ni}(\text{CO})_4$, die vor allem als Antiklopfmittel dienen.

Metallkeramik, frühere Bezeichnung für → Pulvermetallurgie. Der Begriff **metallkeramische Werkstoffe** wird mitunter auch für → Cermets angewendet.

Metallklebverfahren, Verfahren zur Verbindung metallischer oder nichtmetallischer Werkstoffe miteinander durch Anwendung spezieller Klebstoffe. Solche **Metallklebstoffe** sind z. B. auf der Basis von Epoxidharz, Phenolharz, ungesättigtem Polyesterharz, Polyurethan oder synthetischem Kautschuk aufgebaut (synthetische hochmolekulare Verbindungen). Kombina-

tionen solcher Reinharze untereinander (z. B. Epoxidharz — Polyesterharz) oder mit anderen hochmolekularen Substanzen (z. B. Phenolharz — Polyvinylformal, Epoxidharz — Polyvinylacetat) ergeben Klebstoffe mit erhöhten Qualitäten der physikalischen Eigenschaften (→ Redux-Klebsverfahren). Die Lieferform der Metallklebstoffe ist meist flüssig, seltener fest. Die Verfestigung des Klebstoffes (Aushärten, Abbinden) erfolgt im allgemeinen durch eine chemische Reaktion (Polymerisation, Polykondensation oder Polyaddition), seltener durch Verdunsten des Lösungsmittels. Die Festigkeit der Klebverbindung beruht auf der Wirkung von Adhäsion (Wirkung molekularer Anziehungskräfte an der Grenzfläche Metall — Klebstoff) und Kohäsion (Wirkung molekularer Anziehungskräfte zwischen Atomen oder Molekülen der Klebstoffsubstanz). Die Größe der Adhäsion ist unter anderem abhängig von der Aktivierung der Metalloberfläche durch mechanische, chemische oder chemisch-physikalische Vorbehandlungsverfahren. Die Festigkeit der Klebverbindungen wird beeinflusst durch die Form der Verbindung, durch chemische und physikalische Einflußfaktoren des Klebstoffes (z. B. molekularer Aufbau und Polarität des Klebstoffes, Vernetzungsgrad), durch chemische und physikalische Einflußfaktoren des Fügeteilwerkstoffes (z. B. Polarität und Rauheitsgrad der Fügeteiloberflächen) sowie durch die äußeren Einflußfaktoren während der Verarbeitung des Klebstoffes und während der Beanspruchung der Klebverbindung (z. B. Auftragsmenge, Aushärtebedingungen). Gegen Schlag- oder Schälbeanspruchung sind Metallklebverbindungen allgemein empfindlich. Die statische Zugscherfestigkeit (einschnittige überlappte Verbindungsform) beträgt bei Stahl-Stahl-Verbindungen mit kalt-aushärtenden Metallklebstoffen etwa 150 bis 250 kp/cm², mit heißaushärtenden etwa 250 bis 450 kp/cm². Das Verbinden von Stahl mit Buntmetallen oder Kunststoffen ist schwierig und bedarf spezieller Klebverfahren, dabei ist die statische Zugscherfestigkeit um etwa 50 % geringer.

Das Verbinden von Metallen durch Kleben hat gegenüber dem Schweißen, Lötten oder Nieten bestimmte Vorteile, so daß M. heute auf vielen Gebieten angewendet werden, z. B. im Maschinenbau, im Karosseriebau und Bootsbau, im Behälterbau, in der Elektrotechnik, der Feinmechanik und Optik und im Bauwesen, und immer neue Anwendungsmöglichkeiten gefunden werden. Besondere Vorteile bieten Klebverbindungen bei hochbeanspruchten Dünnblechkonstruktionen (Leichtbauweisen), z. B. im Flugzeugbau, wo sich insbesondere bei dynamischer Beanspruchung geklebte Konstruktionsteile für Rumpf, Flügel und Leitwerk besser bewährt haben als genietete. Gegenüber der homogen verlaufenden Klebnäht ergeben sich an den Nietlochrändern oder Punktschweißstellen bei Belastung Spannungskonzentrationen, die die Dauerfestigkeit genieteter oder punktgeschweißter Bauteile stark begrenzen. Vorteilhaft ist ferner, daß in den meisten Anwendungsfällen eine erhebliche Einsparung an Fertigungszeit gegenüber der bisherigen Fertigung möglich ist.

Lit. Schwarz u. Schlegel: Metallkleben und glasfaserverstärkte Plaste in der Technik (5. Aufl. Berlin 1960).

Metallkomplexe, → Koordinationslehre.

Metallkunde, befaßt sich mit dem Aufbau der Metalle und ihrer Legierungen im festen und flüssigen Zustand und beschreibt die Vorgänge in atomaren Bereichen. Wichtige Gebiete der M. sind Werkstoffkunde (→ Werkstoffe) und → Metallographie. Arbeitsverfahren der M. sind röntgenographische Grob- und Feinstrukturuntersuchungen, thermische Analysen, Messen

von elektrischer Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeausdehnung, Untersuchungen der magnetischen Eigenschaften usw. Ein wichtiges Hilfsmittel sind die Zustandsdiagramme, aus denen die Zusammenhänge zwischen Temperatur, Konzentration und Gefügeaufbau für die Legierungen abgelesen werden können (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen).

Lit. → Metalle.

Metallmikroskopie, → Mikroskopie.

Metallographie, 1) im weiteren Sinne swv. → Metallkunde.

2) im engeren Sinne das Teilgebiet der Metallkunde, das sich mit Untersuchungen der Metallgefüge an Hand von Metallschliffen beschäftigt. Metallproben werden an Schmirgelscheiben verschiedener Körnung geschliffen und poliert sowie je nach Bedarf zur besseren Unterscheidung der Gefügearten mit Ätzmitteln geätzt. Mit bloßem Auge, mit einer Lupe oder unter dem auffallenden Licht eines Metallmikroskops lassen sich dann die einzelnen Gefügebestandteile erkennen. Auch das Elektronenmikroskop hat seinen Eingang in die M. gefunden (Tafel 52).

Lit. Oettel: Grundlagen der Metallmikroskopie (Leipzig 1959); Schumann: Merkblätter zur M. (2. Aufl. Leipzig 1953), M. (4. Aufl. Leipzig 1962); → Metalle.

Metalloide, frühere Bezeichnung → Nichtmetalle.

metallorganische Verbindungen, meist äußerst reaktionsfähige, z. T. stark giftige organische Verbindungen, in denen ein Kohlenstoffatom oder mehrere Kohlenstoffatome mit einem Metallatom, z. B. Natrium, Lithium, Kupfer, Silber, Magnesium, Zink, Kadmium, Quecksilber, Aluminium, Zinn, Blei (→ Antiklopfmittel), Titan, Zirkonium, Antimon und Palladium, unmittelbar verknüpft sind. Besonders wichtig sind die nach ihrem Entdecker V. Grignard genannten **Grignard-Verbindungen**, die bei Einwirkung von Magnesium auf organische Halogenide in wasserfreiem Äther entstehen (Grignardierung), z. B. $Mg + CH_3J + C_2H_5-O-C_2H_5 \rightarrow [CH_3MgJ] \cdot C_2H_5-O-C_2H_5$, da man mit ihnen z. B. Alkylreste in organische Verbindungen einführen kann. Grignard-Verbindungen ergeben mit Kohlendioxid Karbonsäuren, mit Nitrilen Ketone, mit Formaldehyd primäre Alkohole, mit anderen Aldehyden sekundäre Alkohole und mit Ketonen tertiäre Alkohole (Grignard-Reaktionen).

Metallothemie, zusammenfassende Bezeichnung für metallurgische Reduktionsverfahren, bei denen Verbindungen des zu reduzierenden Metalls Me_1 mit einem Nichtmetall N durch ein zweites Metall Me_2 , das eine höhere Affinität zum Nichtmetall hat, zerlegt werden: $Me_1N + Me_2 = Me_1 + Me_2N$. Die M. wird hauptsächlich zur Reduktion von Oxiden angewendet. Nach der Art des Reduktionsmetalls unterscheidet man → Aluminothermie und → Silikothermie. Auch Halogenide können reduziert werden (Titan- und Urangewinnung). Die Reaktionen sind exotherm, so daß keine Wärmezufuhr von außen notwendig ist. Zur Einleitung der Reaktion genügt Erhitzung auf Reaktionstemperatur.

Metallschliff, eine geschliffene, polierte und geätzte Metallprobe zur mikroskopischen Untersuchung. Die Metallprobe wird in einen Halter eingespannt oder in Kunstharz, Pizein u. dgl. eingebettet. Dann wird mittels Schleifscheibe oder Feile eine Fläche der Probe plan geschliffen. Das Schleifen erfolgt von Hand, mit rotierenden Schleifscheiben oder mit automatisch arbeitenden Schleifmaschinen. Das Polieren (bis auf Hochglanz) erfolgt unter Verwendung geeigneter Poliermittel auf rotierenden Scheiben. Durch das Polieren wird besonders bei weichen Metallen die Oberfläche verformt

und unter Umständen das Gefüge verschmiert; die dabei entstehende dünne, stark deformierte Schicht an der Oberfläche wird Beilby-Schicht genannt. Das moderne elektrolytische Polieren vermeidet eine Verformung der Oberfläche. Das Verfahren beruht darauf, daß die mechanisch grob planierte Metallprobe in einer Elektrolysezelle anodisch poliert wird. Das Metall löst sich an den Erhebungen der Oberfläche infolge dort auftretender höherer Stromdichte schneller auf, und es kommt bereits nach kurzer Zeit zu einer Einebnung auf der Probenfläche. Um die einzelnen Gefügebestandteile besser sichtbar zu machen, werden die Proben meist noch geätzt (→ Ätzen).

Metallspritzen, **Spritzmetallisieren**, **Schoopisieren**, **Schoopieren**, ein Verfahren zur Herstellung metallischer Überzüge durch Aufspritzen. Das zu verspritzte Metall (für den Korrosionsschutz meist Zink oder Aluminium, seltener Zinn, Messing, Nickel, Kupfer, Blei oder rostfreier Stahl) wird in Drahtform oder als Pulver einer Spritzpistole zugeführt, dort in einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme, mittels elektrischen Lichtbogens oder einer anderen Wärmequelle geschmolzen und meist mittels Druckluft durch ein Zerstäubergas auf den zuvor aufgerauten Gegenstand geschleudert. Das M. wird angewendet zum Korrosionsschutz metallischer Werkstücke, zur Wiederherstellung der Abmessungen von Konstruktionselementen, die durch Verschleiß unzulässig stark vermindert wurden, ferner zur Erzielung einer elektrisch leitenden Oberfläche bei nichtleitenden Werkstoffen, zur Aufertigung gespritzter Formen, zur Gußbindestandsetzung und zur Verschönerung nichtmetallischer Werkstücke.

Das M. wurde 1909 von dem Schweizer Schoop erfunden.

Lit. Kretzschmar: Metall-, Keramik- und Plastspritzen (Berlin 1963).

Metallspritzguß, → Spritzguß.

Metallurgie (Tafeln 26, 27), die Lehre von der Gewinnung der Metalle aus Erzen und metallhaltigen Rückständen sowie deren Weiterverarbeitung, also Eisenhüttenkunde, Metallhüttenkunde, Gießereikunde und Metallformung. Nach der Art der Gewinnung unterscheidet man → Pyrometallurgie, → Hydrometallurgie, → Elektrometallurgie, → Pulvermetallurgie, → Vakuummetallurgie und → Sauerstoffmetallurgie.

Lit. Awetissjan: Grundlagen der M. (dtsh Halle 1951); Muratsch: Handb. des Metallhüttenmannes (2 Bde dtsh Berlin 1954–1956); Pawlow: M. des Roh Eisens (3 Bde und Atlas, dtsh 2. Aufl. Berlin 1953/54); Schreiter: M. der seltenen Metalle und der Spuremetalle (Leipzig 1964); Tafel: Lehrb. der Metallhüttenkunde (3 Bde 2. Aufl. Leipzig 1951–54); Winnacker u. Küchler: Chem. Technologie, Bd 5, M., Allgemeines (2. Aufl. München 1961); Hütte, Taschenb. für Eisenhüttenleute (Berlin 1964); Ztschr. M. und Gießereitechnik (Leipzig), Neue Hütte (Leipzig); → Stahl, → Stahlerzeugung.

Metamerie, → Isomerie.

Metamorphit, swv. metamorphes → Gestein.

Metamorphose, Umformung und Umwandlung eines Gesteins in ein anderes, metamorphes Gestein infolge von Temperatur- und Druck-erhöhungen, wobei nicht nur mechanische, sondern z. T. auch chemische Veränderungen stattfinden. Die M. geht im allgemeinen unter Erhaltung des festen Zustandes im Innern der Erdkruste vor sich. Die Umwandlung besteht in Veränderungen des Gefüges oder des Gefüges und des Mineralbestandes; der Gesamtmechanismus bleibt erhalten. Man unterscheidet mehrere Arten der M.

1) Die **Kontakt- oder Thermometamorphose** ist eine thermische M., die die erhebliche Temperatursteigerung in nächster Nähe (im *Kontakt*) um heiße magmatische Körper, besonders um große Tiefengesteinskörper zu-

stande kommt. Es entstehen **Kontaktgesteine** mit neugebildeten Mineralarten und einem dichten Gefüge (z. B. Hornfels, Fruchtschiefer). Eine ebenfalls vorwiegend thermisch wirkende M. ist die **Thermometamorphose** der Salze, die bereits durch relativ geringe Temperatursteigerung zustande kommt.

2) Die **kinetische M. (Dislokations-, Dynamometamorphose)** geht im wesentlichen auf den bei der Gebirgsbildung auftretenden intensiven seitlichen Druck (*stress*) zurück und besteht vorwiegend in mechanischen Veränderungen des Gesteins. Die Bestandteile des Gesteins werden plastisch deformiert oder zertrümmert (*Kataklase*) und dadurch die Rekristallisation und Umänderung des Gefüges (*Schieferung*) eingeleitet.

3) Die **allochemische M. oder → Metasomatose** ist mit einer Veränderung des Gesteinschemismus verbunden.

4) Die **Regionalmetamorphose** umfaßt ausgedehnte Bereiche der Erdkruste. In größeren Tiefen nimmt die Erhöhung der Temperaturen und Drücke zu. Bei Tiefenverlagerung geraten also Gesteine in Bereiche, in denen ihre ursprüngliche Mineralasoziation nicht mehr stabil ist; das gilt besonders in Geosynklinalräumen. Gebirgsbildende Vorgänge haben zugleich die Wirkung der kinetischen M. Je nach Höhe der Temperatur und des Druckes sowie nach dem Grad der Umwandlung können drei **Tiefenzonen** oder **Intensitätsstufen** der Regionalmetamorphose unterschieden werden: die obere, die *Epizone*, mit geringem Druck und Temperaturen von etwa 100 bis 300 °C, in der z. B. aus Ton-schiefern Phyllite als typische Gesteine entstehen; die mittlere, die *Mesozone*, mit mittlerem Druck und Temperaturen von etwa 300 bis 500 °C und Glimmerschiefern als typischen Gesteinen; die untere, die *Katazone*, mit starkem Druck und Temperaturen von über 500 °C und Gneisen als typischen Gesteinen. Diese Einteilung in Tiefenzonen ist jedoch ungenau; zur genaueren Gliederung verwendet man das Mineralfaziesprinzip.

5) Bei der → **Ultrametamorphose** entstehen bei extremer Steigerung der Temperatur Gesteine mit tiefegesteinsähnlichem Charakter, indem z. T. Schmelzen im Gestein auftreten.

6) Die **Diaphthorese** ist eine rückbildende M., die einsetzt, wenn Gesteine in Gebiete von niedrigerer Temperatur und niedrigerem Druck gelangen.

Metasomatose, ein Vorgang, bei dem durch Stoffaustausch Verdrängungen und Substitutionen an Gesteinen und in Lagerstätten stattfinden. Die Zufuhr der neuen Substanz erfolgt durch pegmatitische Schmelzen, heiße Dämpfe und Lösungen; selbst Lösungen des sedimentären Bereiches können wirksam sein. Besonders leicht werden Kalke metasomatisch verändert; sie werden durch Silikate (z. B. Bildung von Skarnen) oder durch Sulfide (Bildung von metasomatischen Pyrit- oder Bleiglanzlagerstätten u. a.) verdrängt oder das Kalzium des Kalkes wird gegen Eisen ausgetauscht (Bildung von karbonatischen Eisenlagerstätten). Auch im Meerwasser kann es zu einer M. von Kalk zu Dolomit durch Magnesiumaufnahme kommen, z. B. in Korallenriffen in der Südsee.

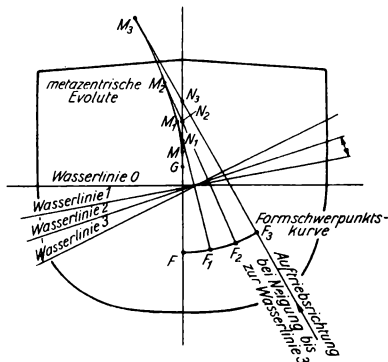
metastabiler Zustand, 1) Chemie: der labile Zustand eines Stoffes, der nur eines sehr kleinen Anstoßes bedarf, um sofort in den stabilen Zustand überzugehen. Bei der Verflüssigung eines Gases, dem Erstarren einer Flüssigkeit oder beim Sieden oder Schmelzen, überhaupt bei allen Übergängen einer Phase eines Stoffes in eine andere kann die Grenztemperatur (z. B. beim Gefrieren des Wassers 0 °C) in beiden Richtungen unter gewissen Bedingungen erheblich überschritten werden, ohne daß die Um-

wandlung eintritt. Der überhitzte oder unterkühlte Stoff befindet sich dann im m. n. Z. Durch kleine Erschütterungen oder eine Spur der neuen Phase erfolgt schlagartig der Übergang in den stabilen Zustand; wird z. B. in das unterkühlte Wasser ein winziger Eiskristall hineingeworfen, gefriert das Wasser sofort, wobei die Temperatur auf 0 °C steigt.

2) Atomphysik: ein angeregter, d. h. über dem Grundzustand liegender Energiezustand, aus dem ein Atom oder Molekül nicht durch Ausstrahlung von Lichtquanten in den Grundzustand übergehen kann, sondern in dem es längere Zeit verharrt. Der strahlungslose Übergang in den Grundzustand kann nur durch Abgabe der überschüssigen Energie beim Zusammenstoß mit anderen Atomen oder Molekülen erfolgen.

Metatexis, ein Vorgang der Ultrametamorphose, bei dem Schmelzen in einem Gestein auftreten, deren Entstehung infolge Temperaturerhöhung im Gestein selbst durch Aufschmelzung der Quarz- und Feldspatanteile erfolgt oder die durch Injektion von außen dem Gestein zugeführt werden. Die M. kann nach dem mengenmäßigen Anteil der Schmelzen unterteilt werden in das Anfangsstadium der **Anatexis**, d. i. das teilweise Aufschmelzen, und den Extremfall der **Diatexis**, die Durchschmelzung fester Gesteine. Je nach dem Grad der Vermengung entstehen verschiedene heterogene Gesteine (Migmatite).

Metazentrum, im Schiffbau der Schnittpunkt (*M*) zweier unendlich benachbarter Auftriebsrichtungen bei Neigung des Schiffskörpers. Das **scheinbare M.** ist der Schnittpunkt (*N*) der Auftriebsrichtung mit der Mittellängsebene des Schiffes. Es wird bei kleinen Neigungswinkeln zur Bestimmung der Anfangsstabilität verwendet. Die **metazentrische Höhe** ist der Abstand des *M.s* für die aufrechte Lage von dem Gewichtsschwerpunkt (*G*) des Schiffes. Je größer die Strecke \overline{GM} ist, desto mehr Widerstand setzt das Schiff der Krängung entgegen.



Metazentrum. *M* Anfangs-Metazentrum, *M*_{1,2,3} wahres Metazentrum, *N*_{1,2,3} scheinbares Metazentrum, *F*_{1,2,3} Formschwerpunkt für die jeweilige Neigung, *G* Gewichtsschwerpunkt

Meteor, eine durch Meteoriten beim Eindringen in die irdische Hochatmosphäre hervorgerufene Leuchterscheinung am nächtlichen Himmel. Die lichtschwachen Erscheinungen heißen Sternschnuppen, die lichtstarken Feuerkugeln.

Sternschnuppen werden durch kleine meteoritische Körper verursacht und sind meist nur Bruchteile einer Sekunde sichtbar. Ihre Bahnen scheinen Ausschnitte eines größten Kreises am Himmel zu sein. In manchen Jahreszeiten fallen **Sternschnuppenschwärme**, und zwar alljährlich etwa um die gleiche Zeit. Verlängert man die

Bahnen der Sternschnuppen eines Schwarms rückwärts, so treffen sie sich in einem Punkt, dem Ausstrahlung-, Radiationspunkt oder Radiant. Die meteoritischen Mitglieder eines Sternschnuppenschwarms bewegen sich also auf parallelen Bahnen. Sie sind Auflösungsprodukte eines bestimmten Kometen. Deshalb bezeichnet man die Gesamtheit der den periodischen Sternschnuppenschwärmern angehörenden Erscheinungen als **kometarische M.** Von den übrigen, sporadischen Sternschnuppen scheint der größte Teil der sie hervorrufoenden Körper auf Bahnen zu laufen, die denen der Kleinen Planeten ähnlich sind. Man bezeichnet die von ihnen hervorgerufenen Leuchterscheinungen auch als **planetarische M.e** und betrachtet die sie verursachenden Teilchen als kleinste Vertreter des Systems der Kleinen Planeten. Eine dritte, sehr kleine Gruppe sind die **interstellaren M.e**, die von Meteoriten hervorgerufen werden, aus dem Milchstraßensystem kommen und das Sonnensystem durchqueren.

Besonders helle und meist längere Zeit sichtbare M.e sind die **Feuerkugeln**, die durch große, ebenfalls als Feuerkugeln bezeichnete Meteorite hervorgerufen werden. Sie sind seltener als Sternschnuppen. Bei großen Feuerkugeln tritt außer der Leuchterscheinung beim Fall ein donnerartiges Geräusch auf. Ihre nicht verdampften Reststücke fallen zu Boden und richten je nach Größe Verwüstungen an (→ Meteorit).

Meteorit, ein fester Körper, der sich allein oder in einem größeren Schwarm mit anderen Körpern um die Sonne bewegt. Der größte Teil der M.e scheint dem Planetensystem anzugehören bewegt sich also in elliptischen Bahnen um die Sonne. Die Geschwindigkeit der M.e beträgt 20 bis 40 km/s. Beim Eindringen in die Erdatmosphäre vermindert sich diese Geschwindigkeit stark infolge des Luftwiderstandes; die Bewegungsenergie des M.en wandelt sich in Wärme-, Licht- und Ionisierungsenergie um. So kommt es zu den als → Meteore bezeichneten Leuchterscheinungen. Die kleinsten Körper mit einer Masse von 10^{-6} bis 10^{-3} g (**Mikrometeorite**) erzeugen die nur in Fernrohren sichtbaren, größere mit einer Masse von 10^{-3} bis 1 g die auch mit bloßem Auge wahrnehmbaren Sternschnuppen. Mit dem Erlöschen dieser Erscheinungen ist der M. gewöhnlich restlos verdampft. Noch größere M.e mit einer Masse bis zu 1 t dringen als Feuerkugeln tiefer in die Erdatmosphäre ein; ihre nicht verdampften Reste fallen zu Boden. Die größten Körper bis zu vielen hundert Tonnen Masse durchdringen die Erdatmosphäre, ohne daß ein wesentlicher Teil ihrer Masse verdampft, und richten beim Auftreffen auf dem Erdboden umfangreiche Verwüstungen an. Mikrometeorite geraten in großen Mengen in die Erdatmosphäre. Der Massezuwachs der Erde durch M.e wird auf 20 t/Tag geschätzt. An künstlichen Satelliten können die einzelnen Aufschläge der Mikrometeorite registriert werden; daraus ergibt sich eine Möglichkeit, den Massezuwachs der Erde durch diese kleinsten Meteorite durch direkte Messungen festzustellen.

Nach der chemischen Zusammensetzung unterscheidet man zwei Hauptgruppen, **Eisenmeteorite** und **Steinmeteorite**, zwischen denen es zahlreiche Übergänge gibt. Etwa 95 % sind Steinmeteorite; sie bestehen im wesentlichen aus Magnesiumsilikaten. Die Eisenmeteorite enthalten hauptsächlich Eisen, Nickel und Kobalt.

Durch physikalische Altersbestimmung hat man das Alter von M.en zu 0,06 bis zu 6 Milliarden Jahren bestimmt.

Meteoritenhypothese, → Kosmogonie.

Meteorograph, **Baro-Thermo-Hygrograph**, ein Gerät für meteorologische Messungen. Es be-

steht aus selbsttätig arbeitenden Luftdruck-, Temperatur- und Feuchtigkeitsschreibern.

Meteorologie (Tabeln 37 und 50), ein Teilgebiet der Geophysik, die Physik der Atmosphäre. Die M. befaßt sich mit der Erforschung der atmosphärischen Zustände (Aufbau, Zusammensetzung; Temperatur-, Dichte-, Druckverhältnisse; Strömungs-, Wasserdampf-, Wolken-, Niederschlagsverteilung), der Dynamik, Thermodynamik, Elektrizität, Optik, Chemie und anderer Eigenschaften der Atmosphäre und ihrem Verhalten unter gewissen Einflüssen (z. B. Wirkungen solarer Korpuskel- und Wellenstrahlungen und deren Variationen auf Ionosphäre, Ozonosphäre, Troposphäre u. a.). Zur Erforschung der Atmosphäre bedarf es vieler Beobachtungen und Messungen, die in ständigen Wetterbeobachtungsnetzen oder in zeitweisen Einsätzen (großräumig z. B. durch das Internationale Geophysikalische Jahr, abg. IGY, kleinräumig z. B. bei meteorologischen Geländevermessungen) gewonnen werden. Zur indirekten Erforschung wird auch das Verhalten der Atmosphäre gegenüber künstlich erzeugten Wellen festgestellt (z. B. Schallausbreitung, Lichtausbreitung, Funkwellenausbreitung u. a.).

Der Zweig der M., der sich speziell mit der direkten oder indirekten Erforschung der Zustände und Vorgänge in der freien Atmosphäre befaßt, heißt → **Aerologie**. Die Übermittlung der Meßergebnisse aus der freien Atmosphäre zur Bodenstation erfolgt mit den modernsten Nachrichtenmitteln (z. B. Radiosonde, Wetter-satellit). Je nach der Betrachtungsweise, ob die meteorologischen Verhältnisse in ihren säkularen (über Jahrzehnte, Jahrhunderte), in ihren langfristigen (über Monate, Jahreszeiten, Jahre), in ihren mittelfristigen (Dekaden, Pentaden) oder in ihren kurzfristigen (1 bis 2 Tage) Auswirkungen berücksichtigt werden, untergliedert man die M. auch in **Klimatologie**, **Großwetterkunde**, **Witterungs- und Wetterkunde**. Die in der Wetterkunde angewendete Forschungsmethode einer gleichzeitigen großräumigen Betrachtungsweise möglichst vieler Wetterelemente heißt **Synoptik**. Auf ihr beruht im wesentlichen die Wettervorhersage. Entsprechend der räumlichen Struktur der meteorologischen Vorgänge unterscheidet man auch solche im Mikro-, Meso- und Makrobereich, so daß man von **Mikrometeorologie** (Mikroklimatologie, Mikrosynoptik), **Mesometeorologie** (Mesoklimatologie, Mesosynoptik) und **Makrometeorologie** (Makroklimatologie, Makrosynoptik) spricht.

Das für das Leben von Mensch, Tier und Pflanze sowie für die Tätigkeit (im weitesten Sinne) des Menschen überaus wichtige Wetter, die Wettervorhersage und deren Anwendung, die Wetterberatung, bedürfen eines besonderen Meßnetzes, des (synoptischen) Wetterbeobachtungsnetzes. Wegen der raschen Wetteränderungen benutzt man zur Verbreitung dieser Beobachtungsergebnisse ein besonderes → **Wetternachrichtennetz**.

Auf Grund der Großräumigkeit der atmosphärischen Vorgänge ist der Austausch von Beobachtungsergebnissen aller Art, besonders der Wetterbeobachtungen zwischen allen Staaten erforderlich. Zur Regelung aller diesbezüglichen Fragen besteht seit 1946 eine Organisation der UNO, die World Meteorological Organization (WMO).

Die Angewandte M. befaßt sich mit der Erforschung 1) der Beziehungen von Mensch, Tier und Pflanze zur M. (im allgemeinen Sinne), im einzelnen zu Klima und Wetter (z. B. Biometeorologie, → Bioklimatologie, Medizinmeteorologische Beratung; → Agrarmeteorologie, Agrarklimatologie, Agrarmeteorologische Beratung, Forstmeteorologie, Forstklimatologie);

2) der Abhängigkeit der Technik, z. B. der Produktionsvorgänge, des Nachrichtenwesens, des Transportwesens (Verpackung, Transportweg), des Verkehrswesens (Land, Luft, Wasser) usw., von meteorologischen Vorgängen (Technische Meteorologie, Technische Klimatologie). Die angewandte Klimatologie befaßt sich allgemein mit Gutachten über grundsätzliche, längerfristige Auswirkungen meteorologischer Erscheinungen. Die Anwendung von Wettervorhersagen ergibt Beratungen für den Einzelfall oder Warnungen vor gefährbringenden Situationen (z. B. medizin- oder agrarmeteorologische Beratung). Die Beratungen und Warnungen (Wettervorhersagen) für 2) werden überwiegend durch den Wirtschaftswetterdienst ausgeführt, lediglich für das Verkehrswesen (Luft und Wasser) sind eigene Dienste (→ Flugwetterdienst, Flugmeteorologische Beratung, Seewetterdienst, Seewetterberatung) nach internationalen Vereinbarungen eingerichtet.

Um die zahlreichen Aufgaben der M. (Wetterbeobachtungsnetz, Wetternachrichtennetz, Wetterberatungsnetz) wahrzunehmen und international zu koordinieren, sind in allen Staaten Meteorologische oder Wetterdienste eingerichtet.

Lit. Baur: Unkes Meteorologisches Taschenb. Bd I (2. Aufl. Leipzig 1962), Bd II (Leipzig 1963), Bd III (Leipzig 1967); Beck, Keller, Scharnow: Wetterkunde (Berlin 1965); Göhre: Klimaatlas für das Gebiet der DDR (Berlin 1953); Grunow: Allgemeine Wetterkunde (Klein-Machnow 1955); Hann und Süring: Lehrb. der M. (5. Aufl. Leipzig 1939–40); Hendl: Einführung in die physikalische Klimatologie (Berlin 1963); Hesse: Grundlagen der M. (Leipzig 1966); Heyer: Witterung und Klima (Leipzig 1963); Koschmieder: Dynamische M. (Leipzig 1951); Logwinow: Dynamische M. (dtsch Berlin 1955); Reiner: Die meteorologischen Instrumente (Pößneck 1949); Reuter: Methoden und Probleme der Wettervorhersage (Wien 1954); Schneider-Carius: Wetterkunde, Wetterforschung (Freiburg, München 1954); Seyfert-Runge: Landwirtschaftliche Wetterkunde (Berlin 1964); Böer: Technische M. (Leipzig 1964); Ztschr. Meteorologische Rundschau (Berlin); Ztschr. für M. (Berlin).

Meter, Kurzz. m, die Grundeinheit der Länge im internationalen System physikalisch-technischer Einheiten (→ Einheitsysteme). Nach der in der DDR gültigen Definition (Anordnung vom 30. 6. 1967) ist das M. definiert als das 1650 763,73fache der Wellenlänge der von Atomen des Nuklids Krypton 86 beim Übergang vom Zustand $5d_5$ zum Zustand $2p_{10}$ ausgesandten Strahlung im Vakuum. **Dekameter**, Kurzzeichen dam, = 10 m; **Hektometer**, Kurzz. hm, = 10^2 m; **Kilometer**, Kurzz. km, = 10^3 m; **Megameter**, Kurzz. Mm, = 10^6 m = 10^3 km; **Dezimeter**, Kurzz. dm, = 10^{-1} m; Zentimeter, Kurzz. cm, = 10^{-2} m; Millimeter, Kurzz. mm, = 10^{-3} m; **Mikrometer**, Kurzz. μ m, = 10^{-6} m; Nanometer, Kurzz. nm, = 10^{-9} m; **Picometer**, Kurzz. pm, = 10^{-12} m.

Die Französische Nationalversammlung legte 1795 das M. als den zehnmillionsten Teil des Erdquadranten fest (dieser Wert weicht aber um etwa 0,02 % davon ab). 1799 wurde ein Endmaß aus Platinschwamm als mètre des archives im französischen Staatsarchiv in Sèvres bei Paris hinterlegt und als das bei einer Temperatur von 0 °C „wahre und endgültige Meter“ gesetzlich anerkannt.

Das mètre des archives wurde 1889 durch einen neuen Internationalen Meterprototyp aus Platin-Iridium ersetzt, der als Strichmaßstab ausgebildet ist.

Da beim Meterprototyp infolge Alterns des Metalls mit unkontrollierbaren Veränderungen gerechnet werden muß, wurde auf der 7. Generalkonferenz für Maß und Gewicht 1927 für technische Messungen das M. als das 1553 164,13fache der Wellenlänge der roten Kadmiumlinie bei einer Temperatur von 15 °C und 760 Torr Luftdruck in trockener Luft mit einem Kohlen-

dioxidgehalt von 0,03 % und dem Dampfdruck Null festgesetzt. Auf der 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht 1960 wurde dann die heute in der DDR gültige Meterdefinition beschlossen.

Meterkilopond, → Kilopondmeter.

Meterlast, die auf die Länge eines Eisenbahnfahrzeugs über Puffer (LüP) bezogene Bruttolast (Summe aus Eigenlast des Fahrzeugs und Last der Ladung). Die zulässige M. richtet sich nach der Tragfähigkeit der Brücken und der Beschaffenheit des Oberbaus. Bei Überschreitung der M. von 4,5 Mp/m → Schwerwagen.

Meter Wassersäule, Kurzz. mWS, Einheit des Drucks, nicht zu empfehlen, obwohl zulässig. 1 mWS = 10^{-1} at.

Meterwelle, → Frequenz.

Methan, CH_4 , das erste Glied der Alkane, die Stammverbindung aller aliphatischen Kohlenstoffverbindungen. M. ist ein farb- und geruchloses, brennbares Gas (Kp. $-161,7^\circ\text{C}$). In Mischung mit Sauerstoff oder Luft explodiert M. beim Entzünden und verbrennt dabei zu Kohlendioxid und Wasser. M. findet sich im Erdgas und als **Grubengas** eingeschlossen in Steinkohlenflözen (schlagende Wetter). Es entsteht bei Gärung von Zellulose (als **Sumpfgas** aus den Sümpfen; auch in den bei der Verdauung entstehenden Darmgasen) und bei Zersetzung organischer Stoffe, so bei der trockenen Destillation der Steinkohle und beim Kracken von Erdöl. Synthetisch wird es aus Kohlenoxid und Wasserstoff bei 250 °C bei Anwesenheit von Nickelkatalysatoren hergestellt. Man verwendet M. als Heiz- und Treibgas, ferner ist es Ausgangsstoff für viele andere wichtige Verbindungen, z. B. Äthin.

Methanal, svw. → Formaldehyd.

Methanol, **Methylalkohol**, CH_3OH , das erste Glied der Alkohole. M. ist eine farblose Flüssigkeit (Kp. $64,5^\circ\text{C}$) von alkoholischem Geruch und brennendem Geschmack, die mit Wasser und vielen organischen Lösungsmitteln mischbar ist. Es ist stark giftig und führt nach Genuß bis zur Erblindung. Durch Oxydationsmittel wird M. nacheinander in Formaldehyd, Ameisensäure und schließlich in Kohlendioxid und Wasser übergeführt. M. findet sich in Form seiner Ester in ätherischen Ölen und als Äther in vielen Pflanzenstoffen, z. B. im Lignin. Großtechnisch wird M. nach einem der Fischer-Tropsch-Synthese ähnlichen Verfahren gewonnen: Synthesegas wird bei 200 bis 225 at und 380 bis 450 °C in Gegenwart eines Chromoxid-Zinkoxid-Mischkontaktes umgesetzt nach $\text{CO} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$. Als **Holzgeist**, vermischt mit Azeton, Acetaldehyd und anderen Produkten der Holzdestillation, erhält man M. aus Holzessig durch gewöhnliche Destillation oder aus Melasseschlempe durch trockene Destillation. Nach der Reinigung liefert Holzgeist etwa 60 % reines M. Verwendet wird M. als Lösungs-, Extraktions-, Verdünnungs- und Reinigungsmittel, weiter als Methylierungs-, Vergällungs- und Gefrierschutzmittel, als Kühlsole, als Zusatz zu Treibstoffen und als Ersatzbrennstoff.

Methansäure, svw. → Ameisensäure.

Methin..., Bezeichnung für die Atomgruppe —CH=, z. B. in Polymethinfarbstoffen.

Methionin, abg. **Met**, α -Amino- γ -methylmerkapto-buttersäure, $\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$, eine schwefelhaltige essentielle Aminosäure, die in verschiedenen Eiweißkörpern vorkommt und bei der enzymatischen Transmethylierung als Methylgruppenlieferant dient.

Methyl..., → Alkyl...

Methylalkohol, svw. → Methanol.

Methylamin, **Monomethylamin**, **Aminomethan**, CH_3NH_2 , das einfachste primäre, aliphatische Amin. M. ist ein ammoniakalisch riechendes, brennbares Gas. Es findet sich in den Destilla-

Methylazetat

tionsprodukten von Knochen und Holz und kann technisch aus Methanol und Ammoniak hergestellt werden. Man verwendet es zur Gewinnung von Textilhilfsmitteln, Pharmazeutika sowie für organische Synthesen.

Methylazetat, swv. → Essigsäuremethylester.

Methylbenzol, swv. → Toluol.

Methylchlorid, Chlormethyl, Monochlormethan, CH_3Cl , ein farbloses, ätherisch riechendes Gas. Man gewinnt M. technisch durch Chlorieren von Methan bei 500 °C und verwendet es als Lösungs- und Extraktionsmittel, als Kältemittel und zur Insektenvergiftung.

Methylen..., Bezeichnung für die Atomgruppierung $-\text{CH}_2-$, die entweder als Fragment eines Moleküls oder als instabiles radikalartiges Gebilde auftreten kann.

Methylenblau, der wichtigste basische, allerdings wenig lichtechte Thiazinfarbstoff. M. dient zum Färben und zum Bedrucken von Seide und Baumwolle, zum Färben von Papier, in der Analyse als Redoxindikator u. a.

Methylenchlorid, swv. → Dichlormethan.

Methylorange, Helianthin, $\text{NaSO}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}(\text{CH}_3)_2$. M. bildet orangefarbene Blättchen, die sich in Wasser mit gelber Farbe lösen, die in saurer Lösung nach rot umschlägt. Es dient in der analytischen Chemie als Indikator zum Nachweis von Säuren.

Methylphenole, swv. → Kresole.

Methylviolett, ein Triphenylmethanfarbstoff. M. ist ein Gemisch niedriger und höher methylierter Fuchsin, in denen das Pentamethylparafuchsin vorherrscht. M. bildet metallisch grün-schillernde Stücke oder Pulver, die sich in Wasser mit violetter Farbe lösen; mit Salzsäure erfolgt ein Farbumschlag nach Gelb. M. wird vor allem zur Herstellung von Kopierstiften, Schreibmaschinenfarbbändern und Stempelfarben verwendet.

Methylzellulose, → Zelluloseäther.

Methylzyanid, swv. → Azetonitril.

metric ton, → ton 4).

Metrik, in der Mathematik die Abstandsfunktion, mit der die Entfernung von je zwei Elementen eines Raumes bestimmt wird. Jeder Raum, für den der Abstand zweier Elemente definiert ist, heißt **metrischer Raum**. Den Abstand zweier Punkte P_1 und P_2 im euklidischen Raum z. B. bestimmt man unter Zugrundelegung eines rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystems durch $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$, wobei x_1, y_1, z_1 bzw. x_2, y_2, z_2 die Koordinaten von P_1 bzw. P_2 sind. Dadurch ist im Raum eine Maßbestimmung festgelegt. Man bezeichnet sie als euklidische M. Diese Abstandsdefinition wird durch die geometrische Anschauung nahegelegt. Man kann jedoch den Abstand zweier Punkte im Raum auch auf andere Weise definieren. In manchen Fällen ist es sogar zweckmäßig, eine andere M. als die obengenannte einzuführen. Die M. ist bestimmend für die Struktur der zugeordneten Geometrie.

Allgemein versteht man unter der Einführung einer M. in einer Menge M die eindeutige Zuordnung einer Zahl $r(P, Q)$ zu je zwei Elementen P und Q der Menge, die man als *Abstand* der beiden Punkte P und Q bezeichnet, wobei die folgenden Bedingungen erfüllt sind: $r(P, Q) = r(Q, P)$; $r(P, Q) > 0$, wenn P verschieden von Q ist; $r(P, Q) = 0$, falls P und Q übereinstimmen; $r(P, Q) \leq r(P, R) + r(Q, R)$.

Metro, im deutschen Sprachgebiet auch als **Untergrundbahn**, abg. **U-Bahn**, bezeichnet, eine hochleistungsfähige → Stadtschnellbahn mit in sich geschlossenem Streckennetz zur Bewältigung vor allem des innerstädtischen Massenverkehrs. M.s werden stets in der → Zweiten Ebene als Hochbahn oder im Tunnel, auf Außenstrecken

auch als Einschnittbahn geführt. U-Straßenbahnen sind keine M.s. Automatische Streckenblockanlagen mit → Zugbeeinflussung erlauben einen Verkehr im starren Fahrplan mit Zugfolgenzeiten bis zu 90 s.

Versuche mit unbemannten Zügen bei Fernsteuerung durch Linienbeeinflussung oder Regelung durch mitgeführte Programmrechner sind im Gange (Moskau, Stockholm, New York). M.s werden ausschließlich elektrisch betrieben, die Speisung erfolgt über eine Stromschiene, in der Regel mit 750 V Gleichspannung. Die Fahrzeuge sind für großes Fassungsvermögen und schnellen Fahrgastwechsel ausgelegt. Hohe Bahnsteige erlauben einen stufenlosen Übergang in den Wagen; die Türschließung erfolgt zentral. Zur Erzielung einer hohen Anfahrbeschleunigung werden alle Achsen angetrieben. Die kleinste selbständig verkehrende Einheit bilden **Doppeltriebwagen**, die — zu Vollzügen zusammengefaßt — in → Mehrfachtraktion gefahren werden. Der Antrieb erfolgt durch → Tatzlagermotoren, bei modernen Fahrzeugen durch Einmotordrehgestelle. Zur Geräuschdämpfung wurden in Paris versuchsweise zusätzliche gummiereifte Räder angebracht, die auf Betonbahnen neben den Schienen laufen. Die seitliche Führung erfolgt durch waagrecht liegende, ebenfalls gummiereifte Räder, in den Weichen wie bisher durch die Spurrkranzräder und Schienen. Metros laufen heute in vielen Städten der Welt, ihre Zahl vergrößert sich ständig.

Metrologie, die Wissenschaft vom Messen. Hauptgebiete der M. sind die Einheiten und die Normale, die Meßmethoden und die Ausführung von Messungen, die Meßmittel und die persönlichen Einflüsse der Meßbeobachter. Die M. umfaßt sowohl die wissenschaftlichen als auch die praktischen Meßprobleme, unabhängig von der Meßgenauigkeit. Nach der betrachteten Größe unterteilt man die M. z. B. in Längenmeßkunde, Zeitmeßkunde, nach ihrem Anwendungsgebiet z. B. in industrielle, technische, astronomische, medizinische M. Zu den Bereichen der M. gehört auch die Bestimmung von physikalischen Konstanten und von Materialeigenschaften. Generell kann die M. eingeteilt werden in **allgemeine M.** (Lösung von Problemen meßkundlicher Aufgaben unabhängig von der gemessenen Größe, z. B. Struktur eines Einheitensystems, Probleme der Meßfehler u. a.), **angewandte M.** (M. für bestimmte Anwendungsgebiete, z. B. technische M., die sich mit Meßproblemen der Technik befaßt), **theoretische M.** (Lösung von theoretischen Meßproblemen, z. B. Überlegungen über Größen und Einheiten, metrologische Informationstheorie u. a.), → **Meßtechnik** und **gesetzliche M.** (Bereich der M., der die gesetzlich geregelten technischen und rechtlichen Anforderungen z. B. an die Einheiten, die Meßmethoden und die Meßmittel umfaßt).

Metron, swv. → Makron.

MeV, Kurzz. für Megaelektronenvolt, → Elektronenvolt.

MEZ, Abk. für Mitteleuropäische Zeit, → Zeit.

MF, Abk. für Medium Frequency, → Frequenz.

MFD, → Magnetohydrodynamik.

mg, Kurzz. für Milligramm, → Gramm.

Mg, Symbol für → Magnesium.

MG, Abk. für → Maschinengewehr.

mGal, Kurzz. für Milligal, → Gal.

MGD, → Magnetohydrodynamik.

Mg-Phosphat, → Phosphorsäuredüngemittel.

mH, Kurzz. für Millihenry, → Henry.

MHD, Abk. für → Magnetohydrodynamik.

MHD-Generator, Abk. für → magnetohydrodynamischer Generator.

MHD-Triebwerk, Abk. für magnetohydrodynamisches Triebwerk, → Rakete.

MHW, Abk. für mittleres Hochwasser, → Wasserstand.

mHz, Kurzz. für Millihertz, → Hertz.

MHz, Kurzz. für Megahertz, → Hertz.

Michelsonversuch, ein nach dem Physiker Albert Michelson benannter Versuch, der die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Erdbewegung, das Nichtvorhandensein des Weltäthers (→ Äther) und des absoluten Raumes bewies und zum Ausgangspunkt der speziellen Relativitätstheorie wurde. Zwei von einer Lichtquelle ausgehende aufeinander senkrechte Lichtstrahlen, von denen der eine in Richtung der Bewegung der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne verlief, ergaben vor und nach ihrer Vertauschung dieselben Interferenzerscheinungen. Der M. wurde mehrmals mit wachsender Genauigkeit, aber mit dem gleichen Ergebnis wiederholt.

Mie-Effekt, → Streuung.

Migma, → Magma.

Migmatit, svw. Mischgestein; → Gestein, → Ultrametamorphose.

Migration, die Wanderung von flüssigen oder gelösten Stoffen innerhalb der Erdkruste. Der Vorgang der M. spielt z. B. bei der Bildung von Erdöllagerstätten und Uranlagerstätten eine Rolle.

MIK, → Luftverunreinigung.

Mikrate, → Mikrokopie.

Mikro, Kurzz. μ (My), Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = Millionstel, z. B. **Mikrometer**, Kurzz. μm , = 10^{-6} m; **Mikrogramm**, Kurzz. μg , = 10^{-6} g; **Mikrofarad**, Kurzz. μF , = 10^{-6} F.

Mikroanalyse, → Elementaranalyse.

Mikroelektronik, eine Miniaturisierungstechnik der Elektronik zur Steigerung der Bauelementedichte in elektronischen Geräten. Die zwei Haupttechniken der M. sind die integrierte Dünnschichttechnik und die integrierte Halbleitertechnik. Die integrierte Dünnschichttechnik ist dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente einer elektronischen Schaltung durch Vakuumaufdampfen — oder andere Beschichtungsprozesse — von Filmen auf ein gemeinsames isolierendes Substrat (z. B. Glas, Keramik) hergestellt und durch ebenfalls aufgedampfte Leiterzüge zur gewünschten Schaltung verbunden werden. Die integrierte Dünnschichttechnik nutzt die Tatsache aus, daß fast alle Bauelemente aus dünnen Metall-, Isolator- und Halbleiterschichten bestehen. Die erreichten Bauelementedichten betragen z. Z. etwa 100 je cm^2 Substratoberfläche. Die integrierte Halbleitertechnik ist dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente gemeinsam in einem Halbleitereinkristallplättchen durch Dotieren mit Fremdatomen, insbesondere mittels der → Planar-Technik und der → Epitaxie-Technik, hergestellt und durch Aufdampfen eines Metallfilmmusters auf die Oberfläche des Halbleiterplättchens zur gewünschten Schaltung verbunden werden. Die erreichten Bauelementedichten betragen z. Z. etwa 1000 je cm^2 Halbleiteroberfläche. Die Kombination von integrierter Dünnschicht- und integrierter Halbleitertechnik bezeichnet man als **Hybridechnik**.

Lit. Khambata: Einführung in die M. (dtsch Berlin 1987).

Mikrofilm, → Mikrokopie.

Mikrohärte, die → Härte kleiner Bereiche (z. B. Einzelkristallite in einem Kristallhaufwerk) eines metallischen Werkstoffs. Verfahren und Prüfkörper sind ähnlich der Messung der → Vickershärte. Die Prüfkraft liegt meist zwischen 0,2 und 100 p.

Mikrointerferometer, svw. → Interferenzmikroskop.

Mikrokarten, → Mikrokopie.

Mikroklima, **Kleinklima**, das Klima in kleinsten Bereichen. Es wird vor allem von den

untersten, in Bodennähe befindlichen Luftschichten bestimmt, die von den meist in 2 m Höhe über dem Erdboden aufgestellten normalen meteorologischen Instrumenten nicht mehr erfaßt werden. Das M. unterscheidet sich vom Großklima (Makroklima, → Klima) durch meist größere Luftfeuchtigkeit und geringere Luftbewegung sowie durch größere Temperaturschwankungen, die darauf zurückzuführen sind, daß sich der Erdboden und die unmittelbar darüberliegende unterste Luftschicht rascher erwärmen oder abkühlen als die höheren Luftschichten. Das M. hat große Bedeutung für die Landwirtschaft, da es sich unmittelbar auf das pflanzliche Wachstum auswirkt. Zum Beispiel kann durch Anlage von Hecken und Windschutzstreifen das M. günstig beeinflußt werden (erhöhter Wärmeumsatz, verminderte Windgeschwindigkeit), so daß erhebliche Mehrerträge möglich sind. Über die künstliche Beeinflussung des M.s → Klimaleitung.

Mikroklin, → Feldspäte.

Mikrokopie, stark verkleinerte photographische Abbildung eines Schriftstücks, Bildes u. a.; meist bis 25fache Verkleinerung auf **Mikrofilm** (35-mm- oder 16-mm-Filmband, auch 9 · 12-cm-Planfilm) oder auf **Mikrokarten**, photographischen Positiven auf Papier, z. B. im Format 10,5 cm · 15 cm, auf denen bis zu 50 Bilder in Zeilen und Reihen angeordnet sind, oder 23 cm · 15,2 cm mit 100 Aufnahmen oder im Bibliotheksformat 7,5 cm · 10,5 cm. Der Mikrofilm wird durch ein Lesegerät (Dokumator) gut lesbar — etwa in Originalgröße — auf eine Mattscheibe oder weiße Fläche projiziert. **Mikrate**, M.n in 50- bis 300facher Verkleinerung, sind besonders raumsparend (eine Buchseite auf 1 cm^2), erfordern aber hohen technischen Aufwand und sind als **Mikrodokumentation** nur für große Archive sowie Spezialzwecke lohnend. M.n können zum maschinellen Sortieren auf Lochkarten aufgenommen werden (Mikrofilmkartei).

Mikrologverfahren, → Bohrlochmessungen.

Mikrometer, 1) Kurzz. μm , gesetzliche Einheit der Länge; früher Mikron (Kurzz. μ) genannt. $1 \mu\text{m} = 10^{-6}$ m.

2) Bezeichnung für eine feine Strichteilung, die in Verbindung mit Meßmikroskopen verwendet wird. Das **Okularmikrometer** ist eine feste Strichteilung im Mikroskopokular, die gemeinsam mit dem Prüfling betrachtet wird. Das **Objektmikrometer** (Maßstabmeßplatte) ist ein feingeteilter Maßstab, der auf den Meßtisch von Meßmikroskopen aufgelegt wird und zur Bestimmung des Skalenwertes der zur Tischverschiebung dienenden Meßschrauben dient.

3) veraltete Bezeichnung für → Meßschraube.

Mikron, Kurzz. μ (My), alter Name für Mikrometer (Kurzz. μm). $1 \mu = 1 \mu\text{m} = 10^{-6}$ m. **Millimikron**, **Millim**, Kurzz. μm , auch **Mymy**, Kurzz. μm , alter Name für Nanometer (Kurzz. nm). $1 \mu\text{m} = 1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m.

Mikronährstoffe, svw. → Spurenelemente.

Mikrophon, ein Gerät zur Umwandlung von Schallschwingungen in elektrische Stromschwankungen. Zur Sprachübertragung, vor allem beim Fernsprecher, dient vorzugsweise das **Kohlekörnermikrophon** (1878 von Lüdte und von Hughes erfunden). Am Boden seines kapselförmigen Gehäuses liegt eine Kohleplatte, deren kegelförmige Vertiefungen mit feinen Kohlekörnern gefüllt sind. Membran und Platte sind durch je einen Draht mit einer Gleichstromquelle, z. B. einer Batterie, verbunden. Wird auf das M. gesprochen, so versetzen die Schallwellen die Membran in Schwingungen. Hierdurch werden die Kohlekörner mehr oder weniger stark zusammengedrückt, so daß sich der elektrische Widerstand ändert und Stromschwankungen entstehen, die den Schallschwingungen ent-

Mikrophotographie

sprechen. Für Musikübertragung u. a. werden bei Rundfunk und Tonfilm Kondensator-, Bändchen- und Tauchspulmikrophone verwendet. Beim **Kondensatormikrophon** (1917 von E. C. Wente erfunden) verändert die Membran, ein dünnes Aluminiumblättchen oder eine mit Metall überzogene Kunststoffolie, im Rhythmus der Schallwellen ihren Abstand zu der festen Gegenelektrode, einer geschlitzten Metallplatte. Dadurch ändert sich die Kapazität, so daß eine über einen Widerstand angelegte Gleichspannung ihren Wert entsprechend den Membranschwingungen ändert. So entstehen Sprechwechselspannungen im Frequenzbereich von 30 bis 20 000 Hz, die auf das Gitter einer Röhre übertragen werden. Beim **Bändchenmikrophon** wird ein in einem kräftigen Magnetfeld aufgehängtes sehr leichtes Bändchen aus Aluminium durch die Schallschwingungen in gleichartige Bewegungen versetzt, so daß an seinem Ende entsprechende elektrische Spannungen auftreten, die durch einen Verstärker weiterverstärkt werden. Beim **Tauchspulmikrophon (dynamisches M.)** befindet sich in einem ringförmigen Luftspalt, der von einem kräftigen Magnetfeld radial durchsetzt wird, eine mit einer Membran verbundene Spule. Durch die Schallschwingungen wird die Membran und damit auch die Spule in gleichartige Schwingungen versetzt, so daß in der nun im Magnetfeld schwingenden Spule elektrische Spannungen erzeugt werden, die weiterverstärkt werden. Das Tauchspulmikrophon arbeitet umgekehrt wie der dynamische → Lautsprecher. Das **Kristallmikrophon** beruht auf dem piezoelektrischen Effekt bestimmter Kristalle: Die durch den Schall hervorgerufenen Schwingungen im Kristall erzeugen Sprechwechselspannungen (→ Piezoelektrizität). Besonders kleine und leichte Ausführungen (**Körperschallmikrophone**) dienen zur Abnahme von Körperschallschwingungen an Bauteilen und Maschinen zwecks Untersuchung und Messung oder in Form des **Kehlkopfmikrophons** zur Verständigung in lauten Räumen. Im **magnetischen M.** wird durch die von der Membran übertragenen Schallschwingungen ein zwischen zwei magnetischen Polschuhen freistehender Anker bewegt. Der dadurch entstehende unterschiedliche Kraftfluß im Anker induziert in einer um die Ankermitte freistehend angeordneten Spule Stromschwän-

kungen, die den unterschiedlichen Schalldrücken an der Membran des magnetischen M.s proportional sind.

Die Richtungsempfindlichkeit aller M.e wird für bestimmte Anwendungsgebiete durch besonderen Aufbau vermieden oder ausgenützt. Der Frequenzbereich eines modernen Hochleistungsmikrophons kann eine obere Grenze von weit über 20 000 Hz haben.

Mikrophotographie, Photomikrographie, die photographische Aufnahme mikroskopisch kleiner Gegenstände mit Mikroskop und photographischer Kamera. Das Bild des mikroskopischen Objekts wird in der Bildebene der Kamera oder in einer durch Strahlenteilung bzw. Umlenkung (Spiegelreflexprinzip) erzeugten konjugierten Ebene auf einer Mattscheibe aufgefangen und dann mittels Lupe richtig eingestellt; an Stelle der Mattscheibe tritt dann die photographische Schicht. Die spektrale Zusammensetzung des beleuchtenden Lichtes wird durch Filter so auf die Farbenempfindlichkeit des Aufnahmematerials abgestimmt, daß die interessierenden Details optimale Kontraste zeigen. Bei der Auswahl der Filter ist gleichzeitig die Farbkorrektur der verwendeten Mikroskopobjektive zu berücksichtigen. Bei Farbaufnahmen werden nur die für die benutzte Lichtquelle etwa erforderlichen Kompensationsfilter benutzt. Die M. mit ultraviolettem Licht ermöglicht die Aufnahme von Gegenständen, die für gewöhnliches Licht schon unter der mikroskopischen Sichtbarkeitsgrenze liegen. Hierfür müssen allerdings sämtliche verwendeten lichtbrechenden Teile aus ultraviolett durchlässigen Stoffen gefertigt sein.

Lit. Stade u. Stade: M. (2. Aufl. Leipzig 1958).

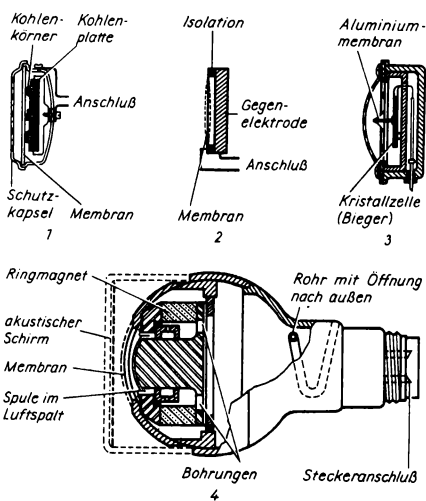
Mikrophysik, Physik der Elementarteilchen, der Atome und Moleküle, die im wesentlichen auf der Quantentheorie beruht. Gegensatz: → Makrophysik.

Mikroradiometer, ein Instrument zum Messen schwacher Wärmestrahlen, z. B. der Energieverteilung im infraroten Teil des Spektrums. Das M. stellt eine Vereinigung von Thermoelement und Spiegelgalvanometer dar. Das Thermoelement besteht aus Legierungen hoher Thermokraft und ist unmittelbar mit der Drahtschleife des Galvanometers verbunden. Bei Erwärmung der Lötstelle entsteht ein Thermostrom, wodurch sich die Leiterschleife im Magnetfeld um einen der Intensität der Strahlung entsprechenden Winkel dreht.

Mikrorefraktometrie, ein Teilgebiet der → Mikroskopie.

Mikroskop, ein optisches Instrument zum Betrachten kleiner, in unmittelbarer Nähe befindlicher Gegenstände, die dann unter einem größeren Sehwinkel erscheinen. Man unterscheidet einfache M.e., die eine bis zu etwa 30fache Vergrößerung haben und als → Lupe bezeichnet werden, und zusammengesetzte M.e., bei denen die Abbildung durch mindestens zwei Systeme, nämlich Objektiv und Okular, erfolgt. Die Vergrößerung wird durch entsprechende Wahl der Objektiv- und Okularbrennweiten festgelegt.

Die Gesamtheit der mechanischen Teile eines zusammengesetzten M.s wird als **Stativ** bezeichnet. Moderne Mikroskopstative lassen sich wahlweise mit einem monokularen oder binokularen Schrägtubus für visuelle Betrachtung und Sondertuben für Mikrophotographie ausstatten. Die Ausgestaltung des Tisches, auf den das zu untersuchende Objekt gelegt wird, richtet sich nach den Forderungen, die im Einzelfall gestellt werden. Es gibt feste und drehbare Tische sowie Kreuztische. Die letzteren lassen eine meist meßbare Verschiebung in rechtwinkligen Koordi-



Mikrophon: 1 Kohlekörnermikrophon, 2 Kondensatormikrophon, 3 Kristallmikrophon, 4 Tauchspulmikrophon

naten zu. Der Abstand zwischen Objektiv und Gegenstand kann durch einen Grobtrieb grob verändert und durch einen Feintrieb auf $2\text{ }\mu\text{m}$ genau eingestellt werden. Der unter dem Tisch befindliche Beleuchtungsapparat ist oft mit dezentrierbarer und drehbarer Irisblende unter dem Kondensor ausgerüstet.

1) Optischer Aufbau. M.e für Arbeiten im durchfallenden Licht (**Durchlichtmikroskope**) bestehen im Prinzip aus Kondensor, Objektiv und Okular. Das Licht wird über einen planen oder konkaven Spiegel vom Himmel oder von einer Mikroskopierleuchte zugeführt, oder es kommt von einer im Inneren des Instrumentes befindlichen Lichtquelle.

a) Für die optische Leistung des M.s ist in erster Linie das **Objektiv** maßgebend, d. i. das dem Gegenstand zugewandte Linsen- oder Spiegelsystem. Man unterscheidet **Achromate**, auf gute Strahlenvereinigung im mittleren Teil des Spektrums (gelbgrün) korrigiert, vorwiegend zur visuellen Beobachtung, und **Apochromate**, für das gesamte sichtbare Spektralgebiet praktisch gleich gut korrigiert und deshalb für Mikrophotographie bevorzugt. Beide Typen haben noch eine besonders bei den stärkeren Objektiven auffallende Bildfeldwölbung, die bei den neuen Planobjektiven (**Planachromate**) verbessert werden konnte. **Monochromate** sind für die Verwendung von Licht nur einer bestimmten Wellenlänge korrigiert. Sie werden in Verbindung mit bestimmten Spektrallichtquellen oder auch für Ultraviolett benutzt. **Spiegelobjektive** können für alle Wellenlängen von Ultraviolett bis Ultrarot gleich gut benutzt werden (\rightarrow Spiegelmikroskop). Für die Leistungsbezeichnung der Objektive hat sich folgendes Schema durchgesetzt: Die erste Zahl, z. B. 40, bedeutet den Abbildungsmaßstab des Zwischenbildes, das das Objektiv bei der richtigen endlichen Tubuslänge liefert. Steht hinter der ersten Zahl ein \times , z. B. $60\times$, so handelt es sich um die Lupenvergrößerung dieses Systems. Es entwirft das Zwischenbild bei richtigem Gebrauch im Unendlichen. Dann entsteht hinter dem Objektiv ein telezentrischer Raum, der sich zum Anbringen optischer Hilfsvorrichtungen besonders gut eignet. Die zweite Zahl, z. B. 0,65, 0,95, 1,25, gibt die numerische \rightarrow Apertur (A) an. Sie ist zusammen mit der Wellenlänge des zur Beobachtung benutzten Lichtes ein Maß für das \rightarrow Auflösungsvermögen des Objektives. Das höchste Auflösungsvermögen läßt sich mit Immersionssystemen (\rightarrow Immersion) erreichen. Dabei liegen die kleinsten noch auflösbaren Strecken unter Verwendung von sichtbarem Licht theoretisch bei etwa $0,2\text{ }\mu\text{m}$ und beim Arbeiten im Ultraviolett bei etwa $0,1\text{ }\mu\text{m}$. Die Gesamtvergrößerung des M.s, also einschließlich der Nachvergrößerung durch das Okular, soll etwa dem 500- bis 1000fachen der numerischen Apertur entsprechen, wenn man im sichtbaren Licht arbeitet. Damit liegt die obere Grenze der zweckentsprechenden nützlichen oder förderlichen Vergrößerung des M.s unter Verwendung von sichtbarem Licht bei etwa 1500fach, von ultraviolettem Licht (im UV-Mikroskop) bei 3000fach. Eine weitere Vergrößerung ist möglich beim \rightarrow Doppelmikroskop. Wesentlich stärkere Vergrößerung erreicht man mit dem \rightarrow Elektronenmikroskop (Überrückmikroskop) und mit dem \rightarrow Feldelektronenmikroskop (Spitzenüberrückmikroskop).

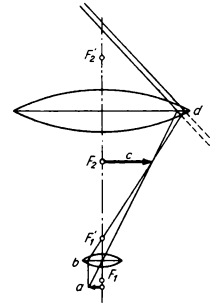
b) Mit den **Okularen**, d. h. den dem Auge zugewandten Linsensystemen, wird das vom Objektiv entworfene Zwischenbild auf das jeweils förderliche Maß nachvergrößert. Der gewöhnliche monokulare Stativaufsatz für einäugiges Beobachten kann durch einen binokularen Stativaufsatz ersetzt werden, der eine Beobach-

tung mit beiden Augen, jedoch keinen räumlichen Eindruck ermöglicht. Kompensationsokulare haben außerdem die Aufgabe, die bei Apochromaten, Planachromaten und den stärkeren Achromaten vorhandenen Farbunterschiede der Vergrößerung (chromatische Vergrößerungsdifferenz) auszugleichen. Die Okulare wirken wie Lupen und bilden das in ihrer Blenden-ebene liegende Zwischenbild normalerweise ins Unendliche ab. Beim Arbeiten mit Objektiven für Tubus Unendlich tritt zwischen diese und das Okular noch eine Tubuslinse. Sie bildet zusammen mit dem Okular ein Keplersches Fernrohr, mit dem das durch diese Objektive im Unendlichen entworfene Bild vergrößert betrachtet wird. Soll das Bild nicht mit dem Auge betrachtet, sondern z. B. auf der Bildebene einer Kleinbildkamera entworfen werden, so treten an die Stelle der Okulare oft Spezialsysteme, die **Projektive**. Zu ihnen zählen die Homale, Linsensysteme mit negativer Brennweite, die besonders für den Gebrauch mit Apochromaten gebaut sind und eine bildebnende Wirkung haben. Pankratische Projektive haben veränderlichen Abbildungsmaßstab bei gleichbleibender Bildlage. Sie dienen besonders in der Mikrokinoatographie als Gummulinsen.

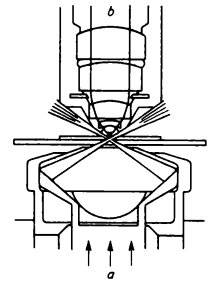
c) Der **Beleuchtungsapparat** mit dem **Kondensor** soll dem Objekt, d. h. dem zu betrachtenden Gegenstand, das Licht in der geeigneten Weise zuführen. Hellfeldkondensoren bringen das Licht durch das Präparat meist koaxial in das M. Eine Irisblende regelt die Apertur der Beleuchtungsstrahlen. Je nach der Korrektur unterscheidet man einfache, aplanatische und aplanatisch-achromatische Kondensoren. Zum Erzielen hoher numerischer Aperturen (z. B. 1,2 oder 1,4) können sie wie Immersionsobjektive immigriert werden. Beim Arbeiten im Hellfeld trägt sowohl das direkt von der Lichtquelle kommende als auch das am Objekt gebeugte Licht zur Bilderzeugung bei. **Dunkelfeldkondensoren** führen das Licht dem Objekt in Form eines Hohlkegels so zu, daß es zur Bilderzeugung nicht beitragen kann, sondern nur das am Objekt abgebeugte Licht hierzu benutzt wird. Bei **pankratischen Kondensoren** wird das beleuchtete Feld (Leuchtfeld) in Abhängigkeit von einer jeweils eingestellten Beleuchtungsapertur durch Verstellen eines optischen Systems verändert. Sie sind für Hellfeld und Dunkelfeld eingerichtet.

M.e für Arbeiten im auffallenden Licht (**Auflichtmikroskope**) unterscheiden sich von den Durchlichtmikroskopen dadurch, daß das Objektiv gleichzeitig die Aufgabe des Hellfeldkondensors übernimmt. Mit einem **Vertikalilluminator** wird dem Objektiv das Licht von seiner Rückseite her zugeführt und durch dieses auf das meist spiegelnde, undurchsichtige Objekt geleitet. Für Arbeiten im Dunkelfeld wird das Licht dem Objekt durch ringförmig das Objektiv umgebende Spiegel- oder Linsensysteme zugeführt. Auflichtmikroskope werden häufig als umgekehrte M.e gebaut, d. h. das Objektiv befindet sich unter dem Tisch, auf den das Objekt mit der zu untersuchenden Fläche nach unten aufgelegt wird (Le-Chatelier-Prinzip). Hierdurch erfolgt eine automatische Ausrichtung des Objektes.

2) Sonderformen. **Kameramikroskope** sind eine konstruktive Vereinigung von Leuchte, M. und Kamera. **Lumineszenz-** oder **Fluoreszenzmikroskope** sind Einrichtungen, bei denen das Objekt mit blauem Licht oder ultravioletter Strahlung zur Lumineszenz angeregt wird (\rightarrow Fluoreszenzmikroskopie). Durch einen bestimmten Eingriff in den Strahlenverlauf können auch Kontraste von Objekten sichtbar gemacht werden, die sich in der Färbung nicht unterscheiden, \rightarrow Phasenkontrastverfahren.



1 Strahlengang im Mikroskop bei visueller Betrachtung. F_1 und F_1' Brennpunkte des Objektives, F_2 und F_2' Brennpunkte des Okulars. a Objekt, b Objektiv, c reelles Zwischenbild, e Endbild im Unendlichen



2 Strahlengang im Dunkelfeldkondensor. a Lichtbündel von der Lichtquelle, b am Objekt abgebeugtes Licht, das ins Auge gelangt

Das **Ultraviolettmikroskop** (UV-Mikroskop) ist eine mit Ultraviolett arbeitende mikrophotographische Einrichtung mit Quarz- oder Spiegeloptik. Es dient zur Erhöhung der Auflösung und für differentialdiagnostische Untersuchungen: Gewisse Objekte, die bei sichtbarem Licht farblos erscheinen, zeigen evtl. in verschiedenen Gebieten des Ultravioletts verschiedenartige Durchlässigkeit. Das **Ultrarot- oder Infrarotmikroskop** arbeitet mit Wärmestrahlen und nutzt die selektive Absorption gewisser Stoffe für diese Strahlen aus. Es ist außer der Photographie der Objekte auch eine Beobachtung mittels Bildwandler möglich. Das **Ultramikroskop** verwendet die Dunkelfeldbeleuchtung zum Sichtbarmachen ultravioletter, d. h. lichtoptisch nicht mehr auflösbarer Teilchen. Das an ihnen gebeugte Licht leuchtet auf dunklem Grund auf. Das Ultramikroskop dient zur Untersuchung von flüssigen und festen Kolloiden oder von Aerosolen. **Polarisationsmikroskope** dienen zur Untersuchung der Objekte im polarisierten Licht. Sie besitzen im Beleuchtungsapparat einen Polarisator und über dem Objektiv einen Analysator, ferner eine Möglichkeit zum orientierten Einsetzen von Kompensatoren. Außerdem sind Polarisationsmikroskope mit genau laufenden Drehtischen mit Gradteilung ausgerüstet. Auf die Genauigkeit der Zentrierung der Objektiv zur Drehachse des Tisches wird besonderer Wert gelegt. Sie werden besonders in der Kristalloptik verwendet. **Vergleichsmikroskope** vereinigen die von zwei oder auch mehr Objektiven kommenden Strahlengänge in einem gemeinsamen Okular, so daß die beiden Bilder direkt nebeneinander erscheinen und Einzelheiten leicht verglichen werden können. Der Vergleich von Objekten oder Proben ist z. B. in der Kriminalistik oder bei der Zollkontrolle zum Identitätsnachweis oder auch bei der Gütekontrolle zum Vergleich von Proben mit Grenzmustern wichtig. Das **Strahlenstichmikroskop** arbeitet mit einer Lichtsonde wählbarer Wellenlänge zur Beleuchtung oder Beeinflussung kleinster Bezirke im Objekt. **Meßmikroskope** und **Interferenzmikroskope** dienen unter anderem zur genauen Ausmessung oder Formbestimmung mechanischer Teile. **Ablesemikroskope** zum exakten Ablesen von Skalen oder Teilkreisen sind Bestandteile vieler technischer und physikalischer Geräte geworden. Eine Sonderstellung nehmen die **Stereomikroskope** (**Präpariermikroskope**) ein, die erstmalig auf Anregung von Greenough 1896 gebaut wurden. Sie bestehen aus zwei voneinander getrennten Strahlengängen, die gegeneinander um etwa 14° geneigt sind. Diese M.e. liefern ein aufrechtes, plastisches Bild und sind für Arbeiten bei Vergrößerungen bis zu etwa 100fach verwendbar.

Lit. Boegehold: Das optische System des M.s (Berlin 1958); Ehringhaus-Trapp: Das M. (Stuttgart 1958); Michel: Die Grundlagen der Theorie des M.s (Stuttgart 1950); Ehringhaus: Das M., seine wissenschaftlichen Grundlagen und seine Anwendung (6. Aufl. Stuttgart 1967); Michel: Die Grundzüge der Theorie des M.s in elementarer Darstellung (2. Aufl. Stuttgart 1964); → Mikroskopie.

Mikroskopie (Tafel 52), die Beobachtungs- und Arbeitsmethoden unter Verwendung von → Mikroskopen. Man unterscheidet die **Durchlichtmikroskopie** zur Untersuchung hinreichend transparenter oder auch feinkörniger Objekte und die **Auflichtmikroskopie** zur Untersuchung undurchsichtiger Proben. In beiden Gebieten gibt es dabei zwei Beobachtungsmethoden: a) **Hellfeldmikroskopie**, im Durchlicht besonders für Objekte mit ausreichendem Kontrast, wie natürlich oder künstlich gefärbte biologische Präparate, Faserstoffe oder körnige Substanzen; im Auflicht die gebräuchliche Methode zur Beobachtung metallographischer Gefüge und ähnlicher Ob-

jekte. b) **Dunkelfeldmikroskopie**, im Durchlicht zur Beobachtung von transparenten Objekten mit geringen Kontrasten, bei denen in erster Linie Umrisse und Einzelheiten auf der Oberfläche dargestellt werden sollen; geeignete Objekte sind z. B. ungefärbte, lebende Bakterien oder Diatomeen in Wasser; im Auflicht zur Sichtbarmachung feinsten Verunreinigungen oder Kratzer auf polierten Glas- oder Metallflächen.

Spezielle Verfahren der M. sind die Ultramikroskopie (→ Mikroskop), das → Phasenkontrastverfahren, die Interferenzmikroskopie (→ Interferenzmikroskop), die Polarisationsmikroskopie (→ Mikroskop) und die → Fluoreszenzmikroskopie. — **Reproduzierende Methoden** sind die → Mikrophotographie mit den Abarten Mikrokinematographie und Mikrokinographie (→ Kinographieren), die Mikroprojektion mit Hilfe von → Projektionsmikroskopen und die → Fernsehmikroskopie. Mikroskopische Zeichenverfahren bedienen sich des Zeichenprismas (Camera lucida) oder einer Hilfsvorrichtung zum Projizieren des mikroskopischen Bildes auf die Zeichenebene.

An mikroskopischen Arbeitsmethoden unterscheidet man die Diagnose durch Beobachtung des Objekts nach den verschiedenen angegebenen Verfahren, das Messen von Längen, Winkeln oder das Ermitteln von Formen der Objekte. Zur Längenmessung dienen meist im Okular angebrachte Okularskalen (Okularmikrometer) oder Okularmeßschrauben (Okularschraubenmikrometer), deren Skalenwert (Mikrometerwert) von der optischen Ausrüstung des Mikroskops abhängt. Zur Winkelbestimmung dienen Goniometerokulare oder mit einem Teilkreis versehene drehbare Tische sowie im Okular angebrachte Okularstrichplatten. Letztere werden auch zur Formbestimmung, z. B. von Gewindeprofilen, benutzt. Das Zählen mikroskopischer Einzelheiten wird durch Zählnetze, die sich in einer Zwischenbildebene, der Okularblende, oder auch am Objekt direkt befinden, erleichtert. Mit Blutkörperzählkammern bekannter Tiefe, auf deren Boden ein Zählnetz aufgebracht ist, kann die Menge der Blutkörper pro Volumeneinheit ermittelt werden. Die Bestimmung der prozentualen Anteile der einzelnen Gefügekomponenten eines Gesteins- oder auch Metallschliffs wird oft mit Integrationsstischen oder -okularen durchgeführt. Die überschlägige Ermittlung von Korngrößen metallographischer Gefüge und ähnliches wird durch Vergleich des mikroskopischen Bildes mit Standardbildserien, den Richtreihen, vorgenommen. Das Verfahren gewinnt besonders in der metallographischen Werkstoff- und Vergütungskontrolle an Bedeutung.

Die **Mikrorefraktometrie** befaßt sich mit der Brechzahlbestimmung an mikroskopischen Objekten. Mit mikrospektroskopischen Methoden kann das vom Objekt durchgelassene oder auch ausgesandte Licht analysiert werden.

Die **Mikrurgie** ist die Technik der operativen Behandlung einzelner Mikroorganismen, wie das Isolieren einzelner Zellen, Injizieren oder auch Zertrennen der Objekte. Nach dem **Strahlenstichverfahren** können definierte Bezirke des Objekts (z. B. einzelne Zellen) der Einwirkung von Licht wählbarer Wellenlänge ausgesetzt und so mikrurgisch behandelt werden.

Die **Metallmikroskopie** verwendet Mikroskope für Auflicht mit mikrophotographischer Einrichtung. Die **mineralogische M.** und die **Erzmikroskopie** arbeiten mit Polarisationsmikroskopen, die die Messung der Doppelbrechung und anderer Polarisationserscheinungen erlauben. Die Erzaufbereitungsmikroskopie bedient sich

stereoskopischer Mikroskope zum Untersuchen der Qualität der zerkleinerten Erzproben.

Lit. Appelt: Einführung in die mikroskopischen Untersuchungsmethoden (4. Aufl. Leipzig 1957); Hauser: Die Arbeiten mit auffallendem Licht in der M. (2. Aufl. Leipzig 1959); Oettel: Grundlagen der Metallmikroskopie (Leipzig 1959); Otto: Durchlichtmikroskopie (Berlin 1959); Schlüter: M. für Lehrer und Naturfreunde (Berlin 1955); Wachsmeyer: Erzmikroskopie (Berlin 1954); Brockhaus ABC der Optik (Leipzig 1961); Freund u. Berg: Geschichte der M., 3 Bde (Frankfurt/M., Bd 1 1963, Bd 2 1964, Bd 3 1966); Françon: Einführung in die neueren Methoden der Lichtmikroskopie (dtisch Karlsruhe 1967).

mikroskopische Technik, Methoden zur Herichtung von Objekten für die mikroskopische Untersuchung. Zur Beobachtung im durchfallenden Licht (Durchlicht) müssen die Objekte durchstrahlbar sein oder gemacht werden, d. h. in genügend dünner Schicht vorliegen. Das Objekt wird auf ein Tragglass (Objektträger) gebracht und mit einem nur etwa 0,17 mm starken Glasplättchen (Deckgläschen) bedeckt. Kleine Objekte können als Totalpräparate (im Ganzen) untersucht werden, größere Frischpräparate kann man in einem Flüssigkeitstropfen mit Hilfe von Zupfnadeln zerkleinern (Zupfpräparat), dickere Gewebe, wie Muskeln, werden zerquetscht (Quetschpräparat). Um die Lichtbrechung an der Oberfläche des Objekts zu mindern oder zu beseitigen, wird das Objekt in ein Medium eingeschlossen. Bei frischen Präparaten oder lebenden Objekten benutzt man hierzu physiologische Salzlösungen oder Wasser, wodurch auch das Austrocknen des Objekts verhindert wird. Da lebende Objekte bei Hellfeldbeleuchtung (→ Mikroskopie) gewöhnlich kontrastarm sind, werden sie häufig mit Vitalfarben, wie Neutralrot, angefärbt. Längere Lebendbeobachtung erfordert Schutzmaßnahmen gegen Austrocknen, Temperatur- und Sauerstoffschwankungen durch Anwendung von feuchter Kammer, Heiztisch u. a.

Dicke Gewebe und Organe, die nicht als Zupf- oder Quetschpräparate behandelt werden sollen oder können, werden zur Beobachtung im durchfallenden Licht in dünne Schnitte zerlegt. Die meisten pflanzlichen Objekte können mit einem Rasiernmesser von Hand geschnitten werden. Zum Schneiden tierischer Gewebe benutzt man das → Mikrotom. Zur Herstellung eines Dauerpräparates muß das betreffende Gewebe möglichst schnell abgetötet (fixiert) werden, um die natürlichen Strukturen einigermaßen getreu zu erhalten. Kalk- oder Chitinskelettpräparate werden durch Mazerieren von anhaftendem Gewebe befreit; Skeletteile, die beim Schneiden stören würden, werden durch Entkalken entfernt. Vor dem Einbetten in die schneidbare Masse muß das Fixierungsmittel entfernt und das Präparat entwässert werden. Um bei Hellfeldbeleuchtung bessere Kontraste zu erzielen, werden auch die geschnittenen Präparate mit verschiedenen Farbstoffen behandelt, die jeweils nur bestimmte Zellstrukturen anfärben. Das Färben erfolgt gewöhnlich nach dem Schneiden. Man klebt die Schnitte auf einen Objektträger, löst das zum Schneiden benötigte Einbettungsmittel aus den Schnitten heraus und gleicht die Schnitte durch Eintauchen in gestaffelte Lösungsmittel, meist eine Reihe verschiedenprozentigen Alkohols, allmählich dem Lösungsmittel des Farbstoffs an, ehe sie in den Farbstoff getaucht werden. Überflüssiger Farbstoff wird aus den Schnitten durch Differenzieren entfernt, und sie werden nochmals durch eine Reihe von Lösungsmitteln dem endgültigen, durchsichtigen Einschliefmittel, wie Kanadabalsam, Glycerin, Kunstharze, angeglichen, in dem sie sich z. T. unbegrenzt halten (Dauerpräparate). Die histologische Technik kennt eine große Zahl

spezieller Verfahren des Konservierens, Färbens und Schneidens, die der mikroskopischen Darstellung bestimmter Objektstrukturen dienen. Reinigen, Trennen, Anreichern und experimentelles Untersuchen der Objekte ist durch zahlreiche Verfahren und Geräte möglich, wie Sterilisation, Zentrifugation, Mikromanipulation u. a., bei lebenden Objekten macht man sich auch das biologische Verhalten, z. B. Geotropismus, Phototaxis, zunutze. Für qualitative und quantitative Mikroskopie, wie Histochemie, UV-Mikroskopie, Mikroradiographie, sind spezielle Verfahren ausgearbeitet worden, desgleichen für die Elektronenmikroskopie und Röntgenschnittenmikroskopie.

Objekte, die im auffallenden Licht (Auflicht) untersucht werden sollen, wie Metalle, Erze, müssen als geeignet vorbereitete Schliff- bzw. Anschliffproben vorliegen. Durch Schleifen und spezielle Polierverfahren werden glatte, von allen Bearbeitungsspuren freie Flächen hergestellt. Der Aufbau des Gefüges wird durch Ätzen sichtbar gemacht. Größtenteils enthalten die Ätzlösungen ein Oxydationsmittel, wie Salpetersäure, Pikrinsäure, Chromsäure, Wasserstoffperoxid. Neuere Methoden sind das Naßschleifen und das Schleifen und Polieren mit Diamantpasten, die das Material schnell und gleichmäßig abtragen. Bei besonders weichen Metallen oder Legierungen überschneidet man die zu untersuchende Fläche mit einem mit Spezialmesser ausgerüsteten Mikrotom. An Stelle des mechanischen Polierens kann die Vorbereitung von Schliffproben für die mikroskopische Beobachtung auch elektrolytisch erfolgen.

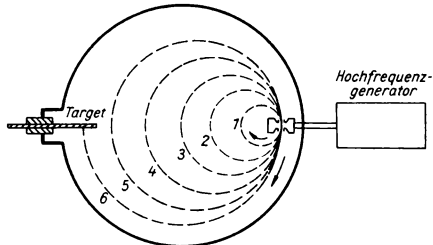
Mikrospektralokular, swv. → Mikrospektroskop.

Mikrospektroskop, **Mikrospektralokular**, ein Zusatzgerät für das Mikroskop zur Untersuchung der Absorptionerscheinungen von mikroskopischen Objekten im Spektrum. Das M. enthält ein geradsichtiges Dispersionsprisma und wird an Stelle des gewöhnlichen Okulars in den Mikroskoptubus eingesteckt.

Mikrotom, ein Gerät zur Herstellung sehr dünner Schnitte und zusammenhängender Schnittserien von tierischen und pflanzlichen Objekten für mikroskopische Untersuchungen. Die Objekte werden in ein leicht schneidbares, festes Medium, z. B. Paraffin, Zelloidin, eingebettet, damit sie sich beim Schneiden nicht deformieren. Vor jedem Schnitt wird die Schnittfläche des Objekts durch Handbetätigung einer Mikrometerschraube oder automatisch um die eingestellte Schnittstärke über die Schnittebene gehoben. Beim **Schlittenmikrotom** wird das Messer auf einer Gleitbahn gegen das feststehende Objekt bewegt oder umgekehrt das Objekt gegen das feststehende Messer. Beim **Rotationsmikrotom** bewegt sich das Objekt durch automatische Kurbelbewegungen gegen das feststehende Messer. **Gefriermikrotome** dienen zum Schneiden gefrorener Präparate, **Durotome** zum Schneiden von Holz, Metall u. a., **Tetraeder** zum Anfertigen großer Schnitte (z. B. Gehirnschnitte); **Kreisschnittmikrotome** ermöglichen die Herstellung von Kreisschnitten aus kugelförmigen Gegenständen. Mit diesen M. kann man etwa 2 bis 1 µm dünne Schnitte anfertigen. Moderne **Dünnschnittmikrotome**, wie das mit Diamantmessern ausgestattete **Fernandez-Moran-Mikrotom**, ermöglichen es, für elektronenmikroskopische Präparate Schichten von $1 \cdot 10^{-2}$ µm Dicke zu schneiden.

Mikrotron, **Elektronenzyklotron**, ein Kreisbeschleuniger für Elektronen. Ähnlich wie die Teilchen im Zyklotron werden die Elektronen im M. durch ein hochfrequentes elektrisches Feld mehrfach beschleunigt, wobei sie unter dem Einfluß eines transversalen Magnetfeldes Kreisbah-

nen im Innern einer hochevakuierten Beschleunigungskammer (etwa 10^{-6} Torr) beschreiben. Während sich aber das klassische Zyklotron für die Beschleunigung von Elektronen nicht ohne weiteres verwenden läßt, da bei Elektronen infolge ihrer geringen Ruhmasse bereits bei verhältnismäßig niedrigen kinetischen Energien eine merkliche relativistische Massenzunahme (\rightarrow Relativitätstheorie) stattfindet und die Teilchen infolgedessen außer Takt fallen, kann man beim M. eine Mehrfachbeschleunigung von Elektronen



Schnitt durch ein Mikrotron. 1 bis 6 Elektronenbahnen

auf folgende Art und Weise erreichen: Die Energiezunahme muß bei jedem Beschleunigungsvorgang genau 0,511 MeV (Megaelektronenvolt) oder ein ganzzahliges Vielfaches davon betragen; dann ist die relativistische Massenzunahme nach jeder Beschleunigung gleich der Elektronenruhmasse $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-28}$ g (gemäß der Einsteinschen Beziehung $E = m_0 c^2$), und die Umlaufzeit der Elektronen nimmt jedesmal um den gleichen Betrag zu. Da sich die Elektronen in einem homogenen und zeitlich konstanten Magnetfeld bewegen, beschreiben sie Kreisbahnen, die – wenn man von kleinen Störungen absieht – alle eine gemeinsame Tangente haben: die Symmetrieachse des zur Beschleunigung dienenden Hohlraumresonators. Der Scheitelwert der Hochfrequenzspannung muß wegen der erforderlichen Energiezunahme über 0,5 MV (Megavolt) betragen; die damit verbundene hohe Leistung läßt sich nur im Impulsbetrieb erreichen. Der Mittelwert des Elektronenstromes liegt in der Größenordnung 10^{-4} A, die Maximalenergie bei einigen 10 MeV.

Mikrowellenspektroskopie, ein Teil der Spektroskopie, der die Rotation von Molekülen mit permanentem Dipolmoment untersucht. Da der Rotation eine Energie zuzuordnen ist, die etwa eine Größenordnung niedriger als die Energie der Molekülschwingungen liegt, benutzt man wegen der Relation $\Delta E = hf$, wobei ΔE = Energiedifferenz, h = Plancksches Wirkungsquantum, f = Frequenz, elektromagnetische Wellen von etwa 0,1 mm Länge. Diese werden mit den Mitteln der Hochfrequenztechnik erzeugt, z. B. durch Klystronschwingungen. Nach der Absorptionsmethode wird die monochromatische Strahlung, deren Wellenlänge sich kontinuierlich verändern läßt, durch den verdünnten Dampf der zu untersuchenden Substanz gelenkt. Die Absorption bestimmter Frequenzen zeigt den Übergang von einer Rotationsstufe zu einer anderen an. Wesentliche Aufgabe der M. ist die Bestimmung von Molekülparametern, z. B. Kernabstand und Dipolmoment.

Mikrowellentechnik, die Technik der Erzeugung, Fortleitung und Anwendung elektromagnetischer Wellen der Wellenlängen zwischen 0,1 und 100 cm, also der Millimeter-, Zentimeter- und Dezimeterwellen, mit einer Frequenz von $300 \cdot 10^6$ bis $300 \cdot 10^9$ Hz (**Höchstfrequenztechnik**). An die längeren Wellen schließen sich die Ultrakurzwellen an. Wegen der im Vergleich zur Hochfrequenztechnik kleinen Wellenlängen lassen

sich im Mikrowellengebiet konzentrierte Schaltelemente in Form von Induktivitäten, Kapazitäten oder Widerständen nur noch in Sonderfällen realisieren. Mikrowellen werden durch besondere Elektronenröhren mit sehr kurzen Zuleitungen und sehr kleinen Elektrodenabständen erzeugt. Häufig bildet man ebene Elektroden aus und macht sie zu Bauteilen eines Hohlraumresonators (Scheibenröhren). Weitere Schwingungsgeneratoren der M., bei denen die sonst störenden Laufzeiteffekte der Elektronen ausgenutzt werden, sind \rightarrow Bremsfeldröhre, \rightarrow Magnetron, \rightarrow Klystron und Wanderfeldröhre. Im kürzesten Wellenbereich der M. dienen Siliziumdioden als Frequenzvervielfacher.

Zur verlustlosen Fortleitung von Mikrowellen benutzt man \rightarrow Wellenleiter. Durch Anbringen von reflektierenden Flächen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung eines Wellenleiters in einem bestimmten gegenseitigen Abstand entstehen Resonatoren, die eine ähnliche Funktion wie Schwingkreise in der Hochfrequenztechnik haben. Soll die Abstrahlung von Energie vollkommen verhindert werden, verwendet man geschlossene, metallische Hohlkörper mit Innenleiter (Topfkreis) oder ohne Innenleiter (Hohlraumresonator). Für die Ausbreitung, Beugung, Brechung und Reflexion von Mikrowellen gelten ähnliche Gesetze wie für Lichtwellen. In Luft folgt die Ausbreitung etwa den Lichtausbreitungsgesetzen; die Strahlen werden an Metallflächen reflektiert und beim Durchgang durch Materialien mit anderem Brechungskoeffizienten als Luft (Dielektrizitätskonstante verschieden von 1) gebrochen. Die Ausstrahlung von Mikrowellen in den freien Raum erfolgt durch spezielle \rightarrow Antennen, wobei sehr scharfe Bündelung möglich ist, so daß nur kleine Leistungen zur Übertragung erforderlich sind.

Gleichrichtung und Mischung (im Überlagerungsempfänger, \rightarrow Rundfunktechnik) der Mikrowellen erfolgen durch Spezialröhren oder Halbleiterdioden.

Anwendung. Mit der M. lassen sich Nachrichtenverbindungen aufbauen, die teils durch gebündelte Strahlung in Luft (\rightarrow Richtfunkstrecke), teils durch Hohlleiter dargestellt werden. Es können einige Fernsehsignale oder viele (einige 1000) Fernseh- und Fernschreibsignale gleichzeitig und ohne gegenseitige Störung übertragen werden. Die Trennung der Kanäle auf der Empfängerseite ist möglich, wenn sich die einzelnen Trägerwellen in ihrer Frequenz, Wellenform oder Polarisationssebene unterscheiden. Strahlung kann im Normalfall nur auf Sichtentfernung erfolgen, deshalb werden bei größeren Entfernungen Relaisstationen zwischengeschaltet. Mit künstlichen Erdsatelliten können Nachrichtenübertragungen über größte Entfernungen direkt erfolgen.

Leitet man Mikrowellen durch einen gasgefüllten Hohlleiter, so zeigen sich Absorptionsstellen, deren Frequenzen für das betreffende Gas charakteristisch sind. Die Breite dieser Resonanzlinien hängt stark vom Gasdruck ab. Wegen ihrer Frequenzkonstanz benutzt man z. B. die Resonanzkonstanz des Zäsiüms als Zeitnormal für die \rightarrow Atomuhr. Aus diesen Resonanzfrequenzen und den Aufspaltungen der Resonanzlinien in elektrischen und magnetischen Feldern (\rightarrow Stark-Effekt, \rightarrow Zeeman-Effekt) kann man wichtige Rückschlüsse auf den Bau der betreffenden Moleküle und Atome, ihre Dipol- und Quadrupolmomente und die damit zusammenhängenden grundsätzlichen Fragen über das Verhalten von Elementarteilchen ziehen. In Analogie zur Optik bezeichnet man diesen Zweig der Forschung als \rightarrow Mikrowellenspektroskopie. Weitere Anwendung findet die M. in Radargeräten, in der Ionosphärenforschung, in der Astronomie, beim Betrieb von

Teilchenbeschleunigern und zur kapazitiven oder induktiven Erhitzung von Werkstücken oder Körpergeweben.

Lit. Megla: Dezimeterwellentechnik (5. Aufl. Berlin 1981).

Mikrurgie, ein Teilgebiet der → Mikroskopie.

Milchsäure, α -Hydroxypropionsäure $\text{CH}_3\text{—CH(OH)—COOH}$, eine Hydroxysäure, die in der D- und L-Form (F. 26 °C) sowie als Razemat (optisch inaktive M., Gärungsmilchsäure, F. 18 °C) vorkommt. Die Salze und Ester der M. heißen **Laktate**. Beim Erhitzen von M. mit Schwefelsäure entstehen unter Wasserabspaltung Azetaldehyd und Kohlenmonoxid. Die Gärungsmilchsäure entsteht unter dem Einfluß von Bakterien durch die Milchsäuregärung aus Kohlenhydraten, z. B. Glukose, Laktose, aber auch Stärke; sie ist in vielen durch Gärung sauer gewordenen Stoffen vorhanden, z. B. im Gärfutter (Silofutter), in saurer Milch, im Sauerkraut, auch im Magensaft. Die Bildung von M. verursacht das Dickwerden der Milch. Die L-Milchsäure (**Fleischmilchsäure**) findet sich im arbeitenden Muskel. M. und ihre Salze werden vielseitig verwendet, z. B. in der Woll- und Lederfärberei als Beizmittel, als Zusatz zu Textilhilfsmitteln und galvanischen Bädern, als Ersatz von Wein- und Zitronensäure sowie als Zusatz zu Salben und Mundwässern. Die Ester sind Lösungsmittel für Harze und Lacke.

Milchstraße, ein schwach leuchtendes, unregelmäßig begrenztes, den Himmel umspannendes Band, das von einer Vielzahl von Einzelsternen, Sternhaufen und Ansammlungen leuchtender interstellarer Materie hervorgerufen wird, die als Einzelobjekte für das unbewaffnete Auge nicht feststellbar sind. Alle Objekte der M. gehören zum → Milchstraßensystem.

Milchstraßensystem, **Galaxis**, ein Sternsystem, dem das Sonnensystem, alle mit bloßem Auge sichtbaren Sterne und weitere rund 100 Milliarden andere Sterne sowie große Mengen instellarer Materie angehören. Das M. ist ein stark abgeplattetes, in erster Näherung linsenförmiges Gebilde mit einem zentralen **Kern** von wesentlich höherer Sternsdichte, um den sich **Spiralarms** winden, die aus Sternen, offenen Sternhaufen und interstellarer Materie (alles Vertreter der Population I) gebildet werden. Der Kern ist mit optischen Mitteln nur im infraroten Spektralgebiet sichtbar, da sich zwischen ihm und der Sonne große Wolken staubförmiger interstellarer Materie befinden, die das sichtbare Licht absorbieren. Er ist radioastronomisch nachweisbar, ebenso wie die Spiralstruktur. Sie kann mit Hilfe der 21-cm-Linie aus der Verteilung des neutralen interstellaren Wasserstoffs erschlossen werden. Das eigentliche M. ist noch mit einem näherungsweise kugelförmigen Halo umgeben, der im wesentlichen von Kugelsternhaufen und veränderlichen Sternen der Population II gebildet wird.

Die Sonne befindet sich in der Nähe der Symmetrieebene des M.s etwa 10000 pc (Parsec) vom Zentrum entfernt. Der Durchmesser des M.s in der Symmetrieebene beträgt etwa 30000 pc, die Dicke des Kerns rund 5000 pc, der Durchmesser des Halos etwa 40000 pc. Die Sonne umläuft mit den Sternen ihrer Umgebung den Kern des M.s in etwa 230 Millionen Jahren mit einer Geschwindigkeit von etwa 220 km s^{-1} . Die Gesamtmasse des M.s beträgt rund 150 Milliarden Sonnenmassen, davon sind etwa 2 % interstellare Materie. Die mittlere Massedichte im ganzen System beträgt etwa $7 \cdot 10^{-24} \text{ g cm}^{-3}$.

Als Alter des M.s kann man etwa das Alter der ältesten Mitgliedssterne ansetzen, also wahrscheinlich 10 bis 15 Milliarden Jahre.

Milchzucker, svw. → Laktose.

mile, Einheit der Länge in der See- und Luftfahrt in England und den USA. Man unterschei-

det: **international mile**, Kurzz. intern. mile, = 1852 m; **imperial nautical mile**, Kurzz. imp. naut. mile, auch **nautical mile (UK)**, = 1353,181 m; **nautical mile (US)**, Kurzz. n mile (US), = international mile = 1852 m.

Militärflugzeuge (Tafeln 10 und 17), **Kriegsflugzeuge**, Flugzeuge, die luftverkehrsrechtlich zu den Luftstreitkräften gehören, von einer Militärperson geführt werden und militärische Kennzeichen tragen. M. unterscheiden sich von den Verkehrsflugzeugen durch konstruktive Besonderheiten, z. B. starke Triebwerke (meist Strahl- oder Turboproptriebwerke), ein robustes Fahrwerk, mehrere schußsichere Kraftstoffbehälter sowie durch zusätzliche und spezifische Bewaffnung und Ausrüstung. Die Bewaffnung besteht aus Maschinengewehren und Bordkanonen (Maschinenkanonen), Bomben, Torpedos sowie Raketen (Luft-Luft- und Luft-Boden-Raketen). Als zusätzliche Ausrüstung besitzen M. z. B. optische und Radarvisiere für Maschinengewehre und Bombenwurf, Leiteinrichtungen für Raketen, Luftbild- und Fernsehkameras, Autopiloten, Aufhängevorrichtungen für Zusatzlasten oder Starthilfsraketen, Schleudersitze zum Katapultieren der Besatzung und Bremschneure.

Nach dem Einsatzzweck unterscheidet man Jagd-, Jagdbomben-, Bomben-, Aufklärungs-, Verbindungs-, Transport- und Seeflugzeuge. **Jagdflugzeuge** werden vor allem gegen Bombenflugzeuge eingesetzt, als **Abfangjäger** auch gegen Jagdflugzeuge. Es sind Flugzeuge mit einer besonders großen Geschwindigkeit (etwa 1,5 bis 2,5 Mach), einer Steigleistung von 150 bis 200 m/s, einer Gipfelhöhe bis 30 km und einer Reichweite von 2000 bis 2500 km. Die Bewaffnung besteht aus Maschinenkanonen (Kaliber 20 bis 30 mm) und gelenkten und un gelenkten Luft-Luft-Raketen. Jagdflugzeuge sind Allwetterflugzeuge und können bei Tag und Nacht eingesetzt werden. **Jagdbombenflugzeuge** (Jagdbomber) sind für Bombenabwurf geeignete Jagdflugzeuge, die mit unter den Tragflächen aufgehängten Bomben oder Luft-Boden-Raketen in den Erdkampf eingreifen. **Bombenflugzeuge** sind schwere Flugzeuge, deren Aufgabe es ist, Bomben (auch Kernwaffen) an weit entfernte Ziele zu bringen. Bombenflugzeuge haben ein Fluggewicht von etwa 170 Mp (Megapond), eine Bombenlast von 12 bis maximal 40 Mp, eine Geschwindigkeit von etwa 2000 km/h und eine Reichweite bis 12000 km (ohne Nachtanken). Der Antrieb erfolgt heute durch Strahl- oder Turboprop-Triebwerke, die Abwehrbewaffnung besteht aus mehreren Maschinengewehren, Maschinenkanonen und Raketen (Luft-Luft- und Luft-Boden-Raketen). Nach ihrem Einsatz unterscheidet man taktische und strategische, nach der Größe und Reichweite leichte, mittlere und schwere Bombenflugzeuge. **Aufklärungsflugzeuge** dienen zur schnellen Aufklärung von Truppenkonzentrierungen, gegnerischen wichtigen Objekten und Gebieten sowie zur schnellen Aufklärung der Strahlungslage. Man unterscheidet Nah- und Fernaufklärer (Aktionsradius der Fernaufklärer bis 10000 km). Aufklärungsflugzeuge sind mit modernsten Luftbildkameras, Radargeräten sowie Kernstrahlungsmeßgeräten ausgerüstet. Mit Infrarotgeräten können aus großen Höhen (bis 25 km) bei jedem Wetter automatische Reihenbildaufnahmen gemacht werden. **Verbindungsflugzeuge** sind leichte, kaum bewaffnete Flugzeuge (auch Hubschrauber) zur Nachrichtenübermittlung. **Transportflugzeuge** werden eingesetzt zum Transport von Luftlandetruppen (die sowjetische AN-22 kann bis zu 720 Mann befördern) sowie von technischen Kampfmitteln (Geschütze, Luftlande- und andere Panzer, Fahrzeuge u. a.). Es sind großräumige Flugzeuge

mit mehreren Triebwerken. Die Reichweite beträgt mehrere tausend Kilometer. Zu den Transportflugzeugen gehören auch die **Tankflugzeuge**, die zum Treibstofftransport dienen. Sie sind mit einer Anlage zum Nachtanken in der Luft eingerichtet. Ferner können **Hubschrauber** (→ Rotorflugzeuge) als Transportflugzeuge eingesetzt werden. **Seeflugzeuge** dienen den Seestreitkräften zur Aufklärung, zum Torpedowurf (Torpedoflugzeuge, → Torpedo), zur U-Boot-Jagd usw. Es sind Wasserflugzeuge oder auch Amphibienflugzeuge (→ Flugzeug) oder aber Trägerflugzeuge (auf Flugzeugträgern stationierte M.).

Militärtechnik (Tafeln 10, 15, 16, 17), alle technischen Kampfmittel, -ausrüstungen und -einrichtungen, die zur Landesverteidigung und zur Erfüllung von militärischen Kampfaufgaben erforderlich sind. Die M. umfaßt alle damit zusammenhängenden Fragen der Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Produktion, Nutzung, Wartung und Instandsetzung. Die Entstehung einer neuen modernen M. ist die wichtigste Seite der Revolution im Militärwesen der letzten Jahre. Die M. wird eingeteilt in 1) Waffen und Munition aller Art, z. B. Handfeuerwaffen, Geschütze, Fliegerabwehrwaffen, Raketenwaffen, Kernwaffen; patronierte Munition (Patronen) für verschiedene Waffen, kartuschierte Munition (Granaten) für Geschütze und Kernmunition; 2) Waffenträger, die die verschiedenartigsten Waffen und Systeme bis auf deren Reichweite an Gegner bringen, z. B. Flugzeuge, Kriegsschiffe, Raketen; 3) technische Mittel und Ausrüstungen, die den Einsatz der Bewaffnung und Kampftechnik sicherstellen, z. B. Nachrichtentechnik und -mittel, Radartechnik, Aufklärungs- und Beobachtungsmittel, Pioniertechnik; 4) Tarnungs-, Schutz- und Abwehrmittel, die angesichts des Vorhandenseins von Massenvernichtungsmitteln große Bedeutung haben, z. B. Schutzausrüstung, Mittel und Technik zur Spezialbehandlung nach Einsatz von chemischen Kampfstoffen und Kernwaffen, Abwehrraketen und andere Mittel der Luft- und Seabwehr.

Die Weiterentwicklung der M. ist unter heutigen Bedingungen unerläßlich und richtet sich nach den taktischen Forderungen; sie beeinflusst entscheidend die Kriegskunst, bewirkt neue Formen und Methoden des bewaffneten Kampfes und stellt erhöhte Anforderungen an den Menschen. Durch die Einführung von Kernwaffen aller Kaliber in die M. und durch die Entwicklung von Raketen aller Typen und Reichweiten stieg die Feuerkraft außerordentlich. Die Entwicklung von modernsten programmgesteuerten Luftkämpfungsmitteln, von modernen Spezialfahrzeugen und -panzern, von neuartigen Geschützen, z. B. rückstoßfreien Geschützen verschiedener Kaliber, die Weiterentwicklung von U-Booten mit Kernenergieantrieb, das Entstehen neuer Kriegsschiffstypen (z. B. Raketenkreuzer, Raketenzerstörer, Raketen-schnellboote) sowie die Umrüstung der Schiffe auf neue und vervollkommnete Waffensysteme (Raketen- und Torpedoanlagen, halb- und vollautomatische Geschütze u. a.) und die Anwendung modernster Infrarot-, Radar-, Fernseh- und Lasertechnik u. a. zeigen die ständig wachsende Bedeutung der M. Diese stellt in den Händen des sozialistischen Lagers eine mächtige Kraft zur Erhaltung des Friedens dar.

Millersche Indizes, → Kristall.

Milli, Kurzz. m, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^{-3} (Tausendstel), z. B. **Millimeter**, Kurzz. mm, = 10^{-3} m; **Milliliter**, Kurzz. ml = 10^{-3} l; **Milligramm**, Kurzz. mg, = 10^{-3} g.

Millimeter Quecksilbersäule, Kurzz. mmHg oder mmQS, alte Einheit des Druckes. Sie war definiert als 760ster Teil des Druckes, den eine

Quecksilbersäule von 760 mm Höhe im normalen Schwerfeld der Erde auf die Grundfläche ausübt, wenn das Quecksilber eine Dichte von $13,595 \text{ g/cm}^3$ bei 0°C besitzt. Die Einheit M. Q. wurde durch → Torr ersetzt. $1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ Torr}$. **Millimeter Wassersäule**, Kurzz. mmWS, gesetzliche Einheit für kleine Drücke. $1 \text{ mmWS} = 10^{-4} \text{ at}$ (technische Atmosphäre) = 1 kp/m^2 . **Millimeterwellen**, → Mikrowellentechnik.

Millimikron, Kurzz. $\mu\mu$, svw. Millimikron, → Mikron.

Milioriblaue, → Berliner Blau.

min, Kurzz. für → Minute (als Zeitdauer).

min, Kurzz. für → Minute (als Zeitpunkt).

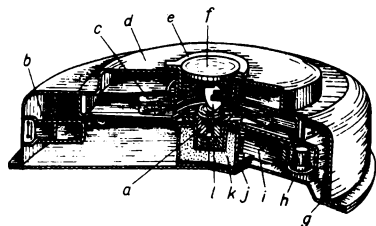
Mine, 1) **Militärtechnik**: ein Sprengkörper, der als Waffe sowohl im Seekrieg (Seemine) als auch im Erdkampf (Landmine) verwendet wird.

1) **Seeminen** werden von Kriegsschiffen, besonders Minenlegern, oder von Flugzeugen (an Fallschirmen) meist in Form dichter Minensperren, seltener unsystematisch oder als Treibminen in Küstengewässern, Hafeneinfahrten, Flüssen u. a. ausgelegt. a) **Kontaktminen** werden durch direkte Berührung mit dem Schiff gezündet. Die **Ankertamine** haben einen zylindrischen, kugel- oder birnenförmigen Sprengkörper, der auf einem kastenförmigen Anker ruht und mit diesem zusammen ausgesetzt wird. Während der Anker sich auf den Gewässergrund setzt, steigt die M. an einem Ankertau auf die vor dem Wurf eingestellte Tiefe. Ankertaminen haben meist am Kopf von Bleikappen überdeckte, mit Schwefelsäure u. dgl. gefüllte Glasröhren (daher auch Blei- oder Stöckappeninge genannt). Werden diese beim Anprall eines Schiffes zerstört, so ergießt sich die Säure in Zink-Kohle-Elemente, und es entsteht ein elektrischer Strom, der durch Kabel auf einen Glühzylinder übertragen wird. Bei der **Antennenmine** verlaufen nach oben und unten Leitungen. Wird eine davon berührt, so bildet sich ein galvanisches Element aus Stahlkörperskörper und einer Kupfer- oder Zinkplatte in der M. als Elektroden sowie dem Meerwasser als Elektrolyt. Der entstehende Strom wird durch ein Relais auf den Zünder übertragen. Mit Antennenminen lassen sich große Wassergebiete gegen U-Boote sichern. b) **Grundminen** liegen auf dem Gewässergrund (größte Tiefe 40 m) und werden durch Schallwellen (z. B. Schraubengeräusch), Druckwellen (bei Veränderung des Wasserdrucks), magnetische Wellen (von Stahlrumpfen) oder elektrische Wellen gezündet, die beim Darüberfahren von Schiffen entstehen. Es ist also im Gegensatz zu den Kontaktminen keine unmittelbare Berührung zwischen Schiff und M. erforderlich (**Fernzündungsminen**). Auch Ankertaminen können Fernzündungsminen der genannten Art sein. Zum Teil haben Seeminen Uhrwerkszünder, die erst zünden, wenn eine bestimmte, vorher eingestellte Anzahl von Schiffen über sie hinweggefahren ist c) **Haftminen** werden von Kampfschwimmern am Unterwasserteil von Schiffen angebracht.

Eine Art Ankertaminen sind auch die **Sperrschuttmittel**, die zur Zerstörung des Geräts von Minenlege- und -räumbooten dienen. Sie haben entweder eine kleine Sprengladung (dann als **Sprengbojen** bezeichnet), oder an ihrem Ankertau sind Reißgreifer zum Zerreißen der Such- und Räumleinen angebracht.

2) **Landminen** sind Sprengladungen in Metall-, Holz-, Plast- oder Betonbehältern (Minenkörpern), die durch Druck (Überfahren, Betreten), Zug (Berühren von mit dem Zünder der M. verbundenen Stolperdrähten), chemisch oder elektrisch gezündet werden. Landminen werden von Hand getarnt verlegt oder eingegraben; auch spezielle Minenlegegeräte, die den Kabelverlegetechnik ähneln, werden eingesetzt. **Infanterieminen** (vorwiegend für lebende Ziele bestimmt)

weisen eine große Splitterwirkung auf. Sie haben im Durchschnitt einen Sprengstoffinhalt von 100 bis 400 g, ihre Gesamtmasse beträgt je nach dem Minengehäuse 150 g bis 4 kg. Die Detonation erfolgt bei einer Belastung von etwa 9 bis 15 kp, bei Zug von 1 bis 3 kp. **Panzerminen** (vorwiegend zur Panzerbekämpfung) sind meist tellerförmig (**Tellerminen**) und haben einen Sprengstoffinhalt von 1,5 bis 10 kg. Ihre Gesamtmasse beträgt etwa 2 bis 15 kg. Panzerminen benötigen zur Auslösung der Detonation einen Druck von 120 bis 200 kp. **Signalminen** ähneln



Panzermine im Schnitt. *a* Hauptzünder, *b* Seitenkanal für Zusatzzünder, *c* Blattfeder, *d* Druckdeckel, *e* Verschlusschraube, *f* Gehäuse, *g* Kanal für Zusatzzünder, *h* Sprengladung, *i* Hülse der Zwischenladung für den Hauptzünder, *j* Zwischenladung, *k* gebogener Druckhebel

den Infanterieminen. Sie werden durch Zug- oder Druckzünder zur Detonation gebracht, wodurch ein Leuchtsatz etwa 150 m hoch getrieben wird. Durch einen Verzögerungssatz wird nach etwa 3 s der Leuchtsatz gezündet; dadurch wird ein Fallschirm herausgeschleudert, an dem der Leuchtsatz mit einer Fallgeschwindigkeit von 3 m/s zu Boden sinkt. Der Leuchtsatz brennt 20 bis 60 s und beleuchtet Gelände im Umkreis von 200 bis 250 m. **Atomminen** sind atomare Sprengkörper mit einer Sprengwirkung von 0,5 bis 100 kt TNT (Trinitrotoluol). Sie können eingegraben, auf der Erdoberfläche verlegt oder in Häuser u. dgl. eingebaut werden. Die Detonation wird durch Zeit-, Draht- oder Funkzündung ausgelöst. Atomminen erzeugen je nach Kaliber Trichter von 20 bis 100 m Durchmesser und 5 bis 20 m Tiefe.

2) **Bergbau**: svw. Bergwerk, → Bergbau.

Minenleger, ein kleines Kriegsschiff zum Legen von Seeminen und zum Einsatz als Minendepot-schiff. Das Displacement beträgt etwa 1000 bis 8000 ts (tons), die Geschwindigkeit 15 bis 20 kn (Knoten), der Antrieb erfolgt durch Dieselmotoren. Die Bewaffnung besteht aus Geschützen und Fla-Waffen. Die Minen (etwa 500 Stück) sind im Kielraum und auf Deck untergebracht. **Minenlege- und -räumboote** (abg. **MLR-Boote**) sind gleichzeitig mit Einrichtungen zum Suchen und Unschädlichmachen bzw. Räumen von Seeminen ausgerüstet (→ Minenräumgerät).

Minenräumboot, abg. **R-Boot**, ein kleines, flachgehendes Kriegsschiff mit Spezialeinrichtungen zum Suchen und Räumen von Magnet- und Kontaktminen (→ Minenräumgerät) in minenverseuchten und küstennahen Gewässern. M.e können außerdem zum Geleitschutz eingesetzt werden. M.e werden auch heute noch zum Schutz vor Antennen- und magnetischen Minen in Holz gebaut; die Verwendung von Platten für den Bau von M.n befindet sich im Versuchsstadium. M.e sind mit unmagnetischen Waffen, Maschinen und Geräten ausgerüstet; das Displacement beträgt 100 bis 600 ts (tons), die Geschwindigkeit etwa 15 kn (Knoten), der Antrieb erfolgt durch Dieselmotoren. Zur Selbstverteidigung haben M.e radargesteuerte vollautomatische Bewaffnung (Flak, Kaliber 40 bis 76 mm). **Minenlege- und -räumboote** (abg. **MLR-Boote**) sind gleichzeitig

mit Einrichtungen zum Legen von Seeminen versehen.

Minenräumgerät, 1) eine Spezialeinrichtung auf Minenräumbooten zum Suchen und Unschädlichmachen von Seeminen. Nach der Wirkungsweise unterscheidet man mechanische M.e und Fernräumgeräte. **Mechanische M.e** werden zum Suchen und Räumen aller Typen von Ankertminen (unabhängig vom Zündprinzip der Minen) eingesetzt. Sie bestehen z. B. aus Schleppteil, Kreuzteil, Räumteil, Räummittel, Tiefensteuermittel, Seitenscher- und Tragemittel. **Fernräumgeräte** nutzen die physikalischen Bedingungen des Räumfeldes aus. Sie können Kabelräumgeräte sein, wobei ein Kabel vom Schiff geschleppt und von einem Generator mit entsprechendem Strom gespeist wird; dadurch erfolgt das Zünden der Minen.

2) ein Gerät zum Räumen von Landminen mittels Minenräumpanzers, → Panzer.

Minensuchgerät, 1) ein elektrisches Gerät zum Aufsuchen von Landminen. Es besteht aus Suchrahmen (Sonde), Suchstab, Verstärker und Kopfhörer. Im Kopfhörer ist ein gleichbleibender Ton zu hören, der sich in der Lautstärke verändert, wenn die Sonde in die Nähe von Metallteilen gehalten wird. Das M. zeigt nur Minen mit Metallgehäuse oder sonstigen Metallteilen (z. B. Zünder) an; nachteilig ist ferner, daß das Gerät auf alle Metallteile anspricht, also z. B. auch auf Granatsplitter usw.

2) → Minenräumgerät.

Mineralblau, → Berliner Blau.

Mineraldünger, → Düngemittel.

Minerale, **Mineralien**, chemisch und physikalisch homogene, natürliche Teile der Erdkruste. Fast alle M. sind fest, nur das in kleinen Tröpfchen im Gestein vorkommende natürliche Quecksilber ist flüssig, und einige Gele wie Opal kommen zuweilen schleimig oder breiartig vor. Weit-aus die meisten M. befinden sich im kristallinen Zustand, amorph sind nur ganz wenige, z. B. Opal. Ferner gibt es eine Anzahl ehemals kristalliner M., die unter Einwirkung radioaktiver Strahlungen ganz oder teilweise ihre Kristallstruktur verloren haben, z. B. Uranpecherz, manche Niobite und Tantalite. Weiterhin sind die meisten M. anorganische Stoffe; zu den ganz wenigen organischen M.n gehören z. B. Mellit und Whewellit. Versteinerungen sind fossile Pflanzen oder Tiere, wenn auch ihr Stoff oft aus M.n besteht. Körper mit organischer Form und Struktur gelten nicht als M. Bernstein und die fossilen Brennstoffe (Braun- und Steinkohle, Erdöl) sind Gemenge, also k. ine M.; sie werden zu den Sedimentgesteinen gerechnet.

Jedes Mineral hat (von Verunreinigungen durch Einschlüsse abgesehen) eine bestimmte chemische Zusammensetzung, die jedoch durch Mischkristallbildung infolge der → Isomorphie in gesetzmäßigen Grenzen variabel sein kann. Da sich die Mineralbildung nach physiko-chemischen Gesetzmäßigkeiten vollzieht, können bei gleichem Chemismus, aber geänderten Temperatur- und Druckbedingungen Modifikationen mit verschiedener Kristallstruktur auftreten, z. B. beim Kohlenstoff (kubisch als Diamant, hexagonal als Graphit). Die M. sind mit einem Mineralnamen belegt, der nicht mit der chemischen Bezeichnung der Substanz identisch ist, sondern sich zumeist auf Fundort- und bergmännische Bezeichnungen, auf Personennamen oder auf morphologische Ausbildung und bestimmte Eigenschaften der M. (z. B. Farbe, Spaltbarkeit, Härte) bezieht. M. mit verschiedener Kristallstruktur, aber gleichem Chemismus tragen verschiedene Namen (z. B. Quarz, Tridymit und Cristobalit).

In den M.n liegen entweder chemische Elemente, Schwefelverbindungen, Sauerstoffverbindungen, Salze der Halogene oder Sauerstoffsalze vor. Die

wichtigsten physikalischen Eigenschaften der M. sind Härte (angegeben nach Mohs), Dichte, Spaltbarkeit, Glanz, Farbe und Strich, Dehnbarkeit, einfache und doppelte Lichtbrechung, elektrisches und magnetisches Leitvermögen sowie Wärmeleitvermögen.

Nach ihrer Entstehung unterscheidet man M. der magmatischen, sedimentären und metamorphen Reihe. Es sind weit über 2000 M. bekannt. Die einzelnen Individuen der M. sind im allgemeinen klein (mm bis cm); sie treten in Aggregaten auf. Sind die Aggregate in größeren geologischen Räumen vergesellschaftet, so bilden sie → Gesteine. Die wichtigsten der etwa 200 **gesteinsbildenden M.** sind Quarz, Feldspäte, Feldspatvertreter, Glimmer, Amphibole, Augite, Olivine, Kalzit, Aragonit, Dolomit, Gips, Anhydrit, Limonit, Glaukonit, Tonminerale, Steinsalz, Kalisalz, Graphit, Granate, Disthen, Andalusit, Epidot, Chlorite, Serpentin, Zeolithe u. a. m. Eine weitere häufig vorkommende Gruppe von M.n sind die **Erzminerale**, die in Lagerstätten auftreten und aus denen Metalle gewonnen werden können (z. B. Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Zinnstein u. a.).

Die M. sind z. T. wichtige Rohstoffe für viele Zweige der Industrie, besonders für die Hüttenindustrie sowie die chemische und keramische Industrie.

Die Wissenschaft von den M.n ist die → Mineralogie.

Lit. → Mineralogie.

Mineralogie, Mineralkunde, die Wissenschaft von den Mineralen, d. h. die Lehre von der Zusammensetzung, der Form und den Eigenschaften, dem Vorkommen und den Entstehungsbedingungen von Mineralen. Die M. gliedert sich in verschiedene Teilgebiete: 1) Die → **Kristallographie**. 2) Die eigentliche **Mineralkunde** oder **spezielle M.** beschreibt und klassifiziert die Minerale. 3) Die **technische M.** untersucht die Eigenschaften und die Eignung der mineralischen Rohstoffe für praktische, technische und industrielle Zwecke. Hierzu gehört auch die **Edelsteinkunde**. 4) Die **Petrographie (Petrologie)** oder **Gesteinskunde** befaßt sich mit der Bildung und Umbildung, der Zusammensetzung, dem Aufbau und dem Vorkommen der Gesteine. 5) Die **Lagerstättenkunde** befaßt sich mit der Entstehung abbauwürdiger Konzentrationen nutzbarer Minerale. 6) Die **Mineralchemie** ist die Wissenschaft von der chemischen Zusammensetzung und den chemischen Veränderungen des Erdkörpers.

Lit. Barth, Correns, Eskola: Die Entstehung der Gesteine (Berlin 1960); Beljakin, Lapin, Iwanow: Technische Petrographie (dtsh Berlin 1960); Betschlin: Lehrb. der speziellen M. (dtsh 2. Aufl. Berlin 1957); Bruhns, Ramdohr: Petrographie (6. Aufl. Berlin 1966); Kirsch: Technische M. (Würzburg 1965); Klockmann: Lehrb. der M. (14. Aufl. Stuttgart 1954); Köhler: Einführung in die Gesteinskunde (Wien 1950); Leutwein u. Rösler: M. — Lagerstättenkunde (Berlin 1956); Linck u. Jung: Grundriß der M. und Petrographie (3. Aufl. Jena 1960); Ramdohr: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen (3. Aufl. Berlin 1960); Schüller: Die Eigenschaften der Minerale (Berlin, Bd I 5. Aufl. 1960, Bd II 1954); Schumann: Einführung in die Gesteinswelt (3. Aufl. Dresden 1961); Strunz: Mineralogische Tabellen (3. Aufl. Leipzig 1957).

Mineralöle, Sammelbezeichnung für alle flüssigen Produkte, die aus Erdöl, Steinkohlen- oder Braunkohlenteer durch Destillation, Aufarbeitung mit selektiven Lösungsmitteln oder Hydrierung gewonnen werden, z. B. Benzine, Petroleum, Gasöle, Heiz- und Schmieröle. Sie sind den fetten Ölen der lebenden Organismen in ihren physikalischen Eigenschaften ähnlich, bestehen aber nicht wie diese aus Fettsäureglyzeriden, sondern aus Kohlenwasserstoffen.

Lit. Ohlenschläger: Die Aufarbeitung gebrauchter Industrieöle (Dresden u. Leipzig 1952); M. und verwandte Produkte (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1952).

Mineralsäuren, im ursprünglichen Sinne Bezeichnung für Säuren, die in Form ihrer Salze in Mineralen vorkommen, heute meist nur für Salpeter-, Salz- und Schwefelsäure, d. h. für die starken M. im ursprünglichen Sinne.

Mineralwolle, → Gesteinsfasern.

Minette, in der Mineralogie 1) ein → Lamprophyrit; 2) ein oolithisches Brauneisenerz (→ Limonit) mit 34 bis 40 % Eisengehalt, das in Lothringen und Luxemburg in den Schichten des unteren Doggers mehrere Lager bildet und Grundlage der dortigen Eisenindustrie ist.

Miniaturröhren, → Elektronenröhre.

Minimum, 1) allgemeiner swv. Mindestwert, kleinster Wert.

2) Mathematik: der Wert einer Funktion, der kleiner ist als alle Nachbarwerte.

Minimumprinzipien, → Extremalprinzipien.

Minirail [englisch, „Kleinbahn“], eine in verkleinertem Maßstab gebaute → Sattelbahn nach dem Alwegprinzip zur Personenbeförderung, meist als Ausstellungsbahn verwendet (Walt-Disney-Land, USA; Internationale Verkehrsausstellung München 1965).

Minkowski-Raum, ein nach dem Mathematiker Minkowski benannter vierdimensionaler Raum (Raum-Zeit-Kontinuum), mit dem sich die Gesetze der speziellen Relativitätstheorie mathematisch besonders einfach darstellen lassen. In ihm tritt zu den drei Raumkoordinaten x, y, z als vierte Koordinate die Zeit in der Form $u = ict$, wobei t = Zeit, c = Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, $i = \sqrt{-1}$ = imaginäre Zahleneinheit. Die Bahn eines Körpers im M.-R. heißt **Weltlinie**. Eine Lorentz-Transformation wird durch eine einfache Drehung des Koordinatensystems dargestellt.

Minuend m., bei der Subtraktion die Größe, von der eine andere abgezogen wird, z. B. die 7 in $7 - 5 = 2$.

minus, weniger; Operationszeichen der Subtraktion und Vorzeichen der negativen Zahlen. Zeichen —; Gegensatz: plus (+).

Minute, 1) Kurzz. min, gesetzliche Einheit der Zeit. 1 min = 60 s (Sekunden). 2) Kurzz. ^{min}, gesetzliche Zeiteinheit zur Angabe eines Zeitpunktes, z. B. um 3 Uhr 5 Minuten = $3h5^{min}$. 3) gesetzliche Einheit des ebenen Winkels, → Altminute, → Neumminute.

Miramid, → Plaste, Übers.

Mirachene, → Plaste, Übers.

Mired, Kurzz. M, Kehrwert der Anzahl der Temperaturgrade einer Lichtquelle, gemessen in Grad Kelvin (°K), zur Bestimmung des Farbschwerpunktes bei der Farbenphotographie. 1 M = 10^6 °K. **Dekamired**, Kurzz. daM, = 10 M. **Mischband**, ein Magnetband oder -film für Mischzwecke in der Filmtechnik mit Sprach-, Musik- oder Geräuschaufzeichnungen. Es wird vor der → Mischung synchron zum Bildfilm geschnitten.

Mischbinder, hydraulische Bindemittel, die durch fabrikmäßiges Vermischen oder Vermahlen von latenthdraulischen Stoffen (z. B. granuliertem Hochofenschlacke oder Aschen) unter Zugabe von Anregern (z. B. Kalke, Portlandzement, Gips, Anhydrit) und von Mitteln zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit hergestellt werden. M. erhärten durch Umsetzung hochbasischer Silikate und Aluminate des Kalziums mit Wasser und Auskristallisation von Kalkhydrat-Silikaten, außerdem kommt es zur Erhärtung infolge der Bildung von Karbonaten. In TGL 4257 sind 3 Güteklassen gemäß folgenden Mindestdruckfestigkeiten vorgesehen: 50, 125 und 225 kp/cm².

Mischdüse, Mischrohr, ein rohrförmiger Geräteteil zum Vermischen verschiedener gasförmiger Stoffe. Aus einer Düse strömt Gas in einen Mischraum und breitet sich dort infolge turbulenter

Strömung kegelförmig aus. Dabei zieht es ein im Mischraum befindliches Gas, z. B. Luft oder Sauerstoff, in seinen Strahlkegel, und beide Gase vermischen sich innig, meist zum Zweck der anschließenden Verbrennung. Die einfachste M. ist der Bunsenbrenner; auch Schweißbrenner und Brenner von Gasöfen weisen eine M. auf.

Mischelement, → chemische Elemente.

Mischen, 1) Verfahrenstechnik: ein Vorgang, bei dem zwei oder mehrere Stoffe möglichst fein und gleichmäßig ineinander verteilt werden (→ Mischung). Das M. von Flüssigkeiten und festen Stoffen geschieht meist in Rührwerken, das M. von Gasen durch turbulente Strömungsvorgänge.

2) Fernsprechtechnik: das Zusammenfassen der Ausgänge und das Verteilen der Verbindungsleitungen zwischen Zubringer- und Abnehmergruppe in einer Vermittlungsstelle.

3) Tontechnik: das Vereinen von verschiedenen Tonaufzeichnungen auf einem Magnettonband (gemischter Magnetfilm). Der gemischte Magnetfilm wird entweder mit dem Bildfilm isosynchron wiedergegeben, oder er dient zur Überspielung auf Bildfilm mit Magnettonspuren bzw. zur Umspielung auf Ton-Negativfilm. Das M. wird am → Mischpult vorgenommen.

Mischer, 1) ein großer Behälter im Hochofenwerk, in dem das flüssige Roheisen von mehreren Hochofenabstichen gesammelt und dadurch vergleichmäßigt wird. Der meist zylindrische M. ist kippar und feuerfest ausgemauert. Zur Temperaturhaltung werden M. mit Gas-Ölbeheizung versehen.

2) → Rührwerk.

3) → Betonmischmaschine.

Mischgas, ein Brenngas, das aus zwei oder mehr Gasarten zusammengesetzt ist. Zweikomponenten-Gasgemische sind z. B. Entgasungsgas und Vergasungsgas, Entgasungsgas und Flüssiggas, Flüssiggas und Luft; ein Dreikomponenten-Gasgemisch ist z. B. Entgasungsgas, Vergasungsgas und Flüssiggas. Bei Abgabe von M. als Stadtgas sind die vorgeschriebenen Kennwerte für die Verbrennungswärme und die brenntechnischen Eigenschaften einzuhalten.

Mischkristall, ein Festkörper mit völlig regelloser Verteilung der Atome oder Ionen verschiedener Elemente im Kristallgitter. Sind die Komponenten in beliebigen Konzentrationen im Gitter vorhanden, z. B. Magnesiumkarbonat MgCO_3 , Mangan(II)-karbonat MnCO_3 , und Eisen(II)-karbonat FeCO_3 , so spricht man von *unbeschränkter* oder *lückenloser Mischkristallbildung*; in Fällen, wo nur bis zu einer gewissen Maximalkonzentration eine Komponente in das Gitter eintreten kann, z. B. Gold in Aluminium, besteht eine *beschränkte Mischkristallbildung*. Voraussetzung für eine lückenlose Mischkristallbildung ist stets eine Gleichheit des Gittertypus der Komponenten.

Nach der Art des Einbaues der Komponenten in die Gitter werden unterschieden: 1) **Substitutionsmischkristalle**, bei denen an Stelle des Atoms des Grundgitters ein Fremdatom den Gitterplatz besetzt. Im gesamten Kristall werden regellos soviele Plätze besetzt, wie es der Konzentration an Fremdatomen entspricht. Die Größen der Fremdatome sind annähernd gleich den Atomen des Grundgitters, z. B. Silber und Gold. 2) **Einlagerungsmischkristalle**, bei denen Fremdatome zufallsmäßig die Gitterlücken besetzen, die Atome des Grundgitters behalten ihre Plätze bei. Eine maximale Mischkristallbildung ist erreicht, wenn keine Gitterlücke mehr frei ist. Die Fremdatome können sich gewöhnlich nur einbauen, wenn sie kleiner als die des Grundgitters sind; z. B. beträgt der kovalente Radius von Eisen $1,26 \cdot 10^{-1} \text{ nm}$, der von Kohlenstoff $0,77 \cdot 10^{-1} \text{ nm}$. 3) **Doppelte Mischkristalle**, bei denen eine Sub-

stitution von Atomen A des Grundgitters durch Fremdatome B, C, ... und gleichzeitige Einlagerung von Atomen X erfolgt. Diese Vorgänge spielen sich in verschiedenen Legierungssystemen ab, z. B. bei Eisen-Nickel-Kohlenstoff.

Die Vorgänge der Substitutionen und Einlagerungen, aber auch vorhandene Leerstellen an Gitterplätzen im Grundgitter sind die Ursachen dafür, daß die meisten M. nicht stöchiometrisch zusammengesetzt sind. Die zielbewußte Erzeugung von M. en auf technischen Gebieten hat große Bedeutung erlangt; z. B. wird durch legierte Stähle die Zerreißfestigkeit des Eisens von etwa 28 kg mm^{-2} auf über 350 kg mm^{-2} erhöht, die Magnetisierbarkeit vom völligen Unmagnetismus bis zum 250fachen Wert des reinen Eisens gesteigert. Im Gegensatz zum Reineisen werden absolut rostfeste und bis zu Temperaturen von 1300°C zunderbeständige Stähle hergestellt.

Mischlichtleuchte, ein Beleuchtungskörper, in dem Glühlampenlicht und das Licht einer Gasentladungslampe, in verschiedenem Verhältnis gemischt, verwendet werden. Über die **Mischlichtlampe** → Lampe.

Mischpult (Tafel 55), Gerät zum Verstärken und → Mischen von tonfrequenten Signalen verschiedener Quellen (z. B. Mikrophon, Magnetbandgerät, Rundfunkgerät, Plattenspieler). Das M. hat die Aufgabe, diese Signale nach Regelung, Entzerrung und Verstärkung getrennten Kanälen zuzuführen, sie im Knotenpunkt der Kanäle zusammenzuschalten und dem Summenverstärker zuzuleiten, der das eigentliche Ausgangssignal des M.s liefert. Je nach Verwendungszweck (ein- oder mehrkanalige Originalaufnahme, Mischung von Sprachbändern mit mehreren Musik- und Geräuschbändern) ist das M. mit einer größeren Anzahl von Kanälen zu je 2 Eingängen für Mikrophon und Leitungspegel sowie mit den entsprechenden Summenkanälen (Ausgangskanälen) ausgestattet. Es ist für Mono- und Stereobetrieb in der Rundfunk-, Film- und Fernsehtechnik eingerichtet und enthält zusätzlich Einrichtungen für Vorhören, Abhören, Aussteuerungskontrolle, Pegelmessung, Echo und Hall sowie Wechsel-sprechanlage für mehrere Teilnehmer.

Mischrohr, svw. → Mischdüse.

Mischröhre, eine Elektronenröhre, die aus zwei oder mehr ihr zugeführten Gitterwechselspannungen unterschiedlicher Frequenz Anodenwechselströme anderer Frequenz erzeugt. So entstehen im Überlagerungsempfänger (→ Rundfunktechnik) durch Mischung in der M. aus der Empfangsfrequenz f_1 und einer im Empfänger erzeugten Hilfsfrequenz (Oszillatorfrequenz) f_2 neue Frequenzen $f_s = f_2 \pm f_1$, von denen meist die Differenzfrequenz als Zwischenfrequenz ausgesiebt und weiter verstärkt wird. Die zu mischenden Wechselspannungen unterschiedlicher Frequenz können entweder einem Steuergitter (*additive Mischung*) oder zwei durch ein Schirmgitter getrennten Steuergittern (*multiplikative Mischung*) zugeführt werden. Als M.n verwendet man heute meist Heptoden, seltener noch Hexoden. Besonders bei hohen Frequenzen werden auch Dioden, Trioden und Pentoden eingesetzt.

Mischung, 1) Chemie: eine Mischphase, d. h. ein homogenes Mehrstoffsystem, dessen Komponenten in demselben Aggregatzustand und in etwa gleich großen Mengen vorliegen, so daß man nicht zwischen Lösungsmittel und gelöstem Stoff wie bei der Lösung unterscheiden kann. Eine scharfe Trennung zwischen M. und Lösung ist jedoch kaum möglich. Alle Gase sind unbeschränkt miteinander mischbar (→ Diffusion). Die Mischbarkeit von Flüssigkeiten hängt ab von den zwischenmolekularen Kräften, z. B. sind Wasser und Alkohol oder Alkohol und Äther unbegrenzt mischbar, Wasser und Äther sind begrenzt mischbar, Wasser und Öl oder Benzin

Mischungsregel

sind nicht miteinander mischbar. Die Bildung fester M.n, die auch als *Mischkristalle* bezeichnet werden, hängt von dem Gittertyp und den Gitterabständen der Komponenten ab. Die Mischbarkeit zweier Stoffe ist im allgemeinen von der Temperatur abhängig; häufig tritt bei Abkühlung einer M. Entmischung ein.

2) Funktechnik: eine spezielle Art der Überlagerung zweier Frequenzen, und zwar in Anwesenheit eines nichtlinearen Schaltungselementes. Dabei entstehen neue Frequenzen, wobei die erwünschten weiter verarbeitet und die unerwünschten durch geeignete Schaltungselemente unterdrückt werden. Beim Rundfunkempfänger versteht man unter M. die Erzeugung der Zwischenfrequenz als Differenz zwischen Oszillatorfrequenz und Empfangsfrequenz. Man unterscheidet dabei zwischen **additiver** und **multiplikativer M.**, je nachdem, ob die beiden Eingangsfrequenzen additiv der nichtlinearen Strecke (z. B. Röhren- oder Halbleiterdioden, Transistoren, Trioden) oder mittels verschiedener Steuergitter (z. B. einer Mehrgitterröhre) multiplikativ zugeführt werden.

3) → Mischen 2) und 3).

Mischungsregel, Richmann-Blacksche M., eine 1750 von Richmann zunächst für Wasser gefundene und 1760 von Black auf beliebige Stoffe erweiterte Regel. Bringt man Stoffe verschiedener Temperatur in Berührung, so ist die Wärmemenge, die von den warmen an die kälteren Stoffe abgegeben wird, gleich der Wärmemenge, die die kälteren aufnehmen. Es geht also beim Wärmeaustausch keine Wärme verloren. Die M. ist damit nur ein Sonderfall des Energieerhaltungssatzes. Die aufgenommene oder abgegebene Wärmemenge (in Kalorien) wird berechnet als das Produkt aus der Masse m des betreffenden Stoffes, seiner spezifischen Wärme c und der Änderung seiner Temperatur. Für zwei Stoffe ist somit $m_1 c_1 (t - t_1) = m_2 c_2 (t_2 - t)$, wobei t_1 und t_2 die beiden Anfangstemperaturen ($t_2 > t_1$), t die Mischungstemperatur bedeuten: $t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$.

Finden außerdem Aggregatzustandsänderungen statt (z. B. Mischung von Eis und Wasser), so müssen noch die Umwandlungswärmen berücksichtigt werden.

Mißpickel, svw. → Arsenopyrit.

Mißweisung, svw. magnetische → Deklination.

Mistgas, svw. → Biogas.

Mistral m , ein kalter, trockener Fallwind des Rhönetales.

Mitführungskoeffizient, die Größe, mit der die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers mit dem Brechungsindex n multipliziert werden muß, um den Wert zu erhalten, um den sich die Lichtgeschwindigkeit in diesem bewegten Körper ändert. Er beträgt $1 - 1/n^2$ und wurde durch die Relativitätstheorie theoretisch erklärt.

Mitkopplung, → Rückkopplung.

Mitrofanowmethode, eine von dem sowjetischen Ingenieur S. P. Mitrofanow begründete Neuerermethode der Gruppenbearbeitung von Einzelteilen. Dabei werden typengleiche Werkstücke, an denen gleiche Arbeitsoperationen vorzunehmen sind, gruppenweise bearbeitet. Durch die damit erreichte Erhöhung der Fertigungsstückzahlen wird es möglich, die produktiveren Verfahren der Massenfertigung auch für die Serien- und Einzelfertigung anzuwenden und als Folge davon die Arbeitsproduktivität zu steigern, die Standardisierung zu beschleunigen und die Selbstkosten zu senken.

Mitsprechen, → Fernmeldekabel.

Mittag, der Zeitpunkt des Durchganges der Sonne durch den Meridian des Beobachtungs-ortes. Die dabei erreichte Höhe der Sonne wird **Mittagshöhe (Meridianhöhe)** genannt.

Mittel, 1) Mathematik: **Mittelwert**, der mittlere Wert mehrerer Größen. Am meisten verwendet wird das **arithmetische M.** (auch als **Durchschnitt** bezeichnet). Für n Zahlen ist es gleich der Summe ihrer Zahlenwerte, geteilt durch ihre

Anzahl: $AM = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$, z. B. haben

5, 7 und 15 das arithmetische M. $(5 + 7 + 15) : 3 = 9$. Das **geometrische M.** aus n (positiven) Zahlen ist die n -te Wurzel aus dem Produkt ihrer

Zahlenwerte: $GM = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}$; z. B. ha-

ben 4, 6 und 9 das geometrische M. $\sqrt[3]{4 \cdot 6 \cdot 9} = 6$. Das **harmonische M.** von n positiven Zahlen ist der

reziproke Wert des arithmetischen Mittels ihrer reziproken Zahlenwerte: $HM = \frac{n}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_n}}$;

z. B. haben $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{13}$ das harmonische M.

$\frac{3}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{13}} = \frac{1}{7}$. Es gibt auch noch andere M.,

z. B. von Funktionen.

Das M. ist von besonderer Bedeutung für die messenden Naturwissenschaften (Bildung des M.s aus Meßreihen bei der experimentellen Bestimmung von Größen) und für die Statistik. Erhält man bei wiederholter Messung derselben Größe eine Reihe streuender Einzelwerte, so vereinigt man sie zu einem **Mittelwert**. Dieser ist (in den messenden Naturwissenschaften) fast ausschließlich das arithmetische M. der Einzelwerte. Es zeichnet sich dadurch aus, daß die Summe der darauf bezogenen Abweichungsquadrate ein Minimum wird, deshalb paßt es sich besonders der → Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate an. In der Statistik werden jedoch auch andersgebildete Mittelwerte verwendet, z. B. der **Zentralwert Z (Median)**, d. h. der Wert, der in einer der Größe nach geordneten Reihe in der Mitte liegt, und der **dichteste oder häufigste Wert D (Modus)**, d. h. der Wert, der in einer Reihe am häufigsten vorkommt.

2) Physik: **Medium**, ein Stoff, innerhalb dessen sich ein Vorgang, z. B. Licht-, Schallausbreitung, abspielt.

3) graphische Technik: ein → Schriftgrad.

Mittelfrequenzgenerator, eine → elektrische Maschine zur Erzeugung von Spannungen mit Mittelfrequenz (bis 10000 Hz), die auf dem Prinzip der → Reluktanzmaschine arbeitet. Die wichtigsten Ausführungsformen sind die **Guy-Maschine** und die **Lorenz-Maschine**.

Mittellinie, im Dreieck die Verbindungsstrecke einer Ecke mit dem Mittelpunkt der gegenüberliegenden Seite. Die drei M.n eines Dreiecks schneiden sich in dessen **Schwerpunkt** und werden daher auch **Schwerlinien** genannt.

Mittelöl, eine bei der Destillation von Steinkohlen- und Braunkohlenteer gewonnene Fraktion zwischen 180 und 330 °C. M. ist gelb bis schwarzbraun gefärbt, dünnflüssig bis breiig und hat eine Dichte von 0,91 bis 1,07 g cm⁻³. Braunkohlenteeröl wird als Heiz- und Waschöl oder nach vorheriger Raffination als Dieselöl verwendet.

Mittelpunkt, Zentrum, bei einer Strecke der Punkt, der von den beiden Endpunkten den gleichen Abstand hat, d. h. der Halbirungspunkt der Strecke; beim Kreis oder bei der Kugel der Punkt, von dem alle Punkte des Umfangs oder der Oberfläche gleich weit entfernt sind; allgemein: eine Punktmenge in der Ebene oder im Raum besitzt einen Mittelpunkt M , wenn alle durch M gehenden Verbindungsstrecken je zweier Punkte der Menge durch M halbiert werden. So besitzen z. B. Parallelogramme, Ellipsen, Hyperbeln, Würfel, Doppelkegel, Ellip-

soid einen M. im Gegensatz zu Dreiecken, Parabeln, Pyramiden u. a.

Mittelpunktleiter, der vom Mittelpunkt einer elektrischen Anlage (symmetrische Schaltung, Akkumulator) ausgehende Leiter. Der M. wird meist geerdet und heißt dann Nulleiter (\rightarrow Dreiphasenstrom).

Mittelsenkrechte, Mittellot, die im Mittelpunkt einer gegebenen Strecke senkrecht stehende Gerade. Sie ist der geometrische Ort aller Punkte der Ebene, die von den Endpunkten der Strecke gleichen Abstand haben. \rightarrow Dreieck.

Mittelwellen, elektromagnetische Wellen, im weiteren Sinne mit einem Frequenzbereich von 300 bis 3000 kHz, das entspricht einer Wellenlänge von 100 bis 1000 m. Im engeren Sinne versteht man unter dem Mittelwellenbereich für Rundfunkzwecke die Frequenzen 525 bis 1605 kHz (Wellenlänge 187 bis 571 m). Die M. werden für kommerzielle Belange und Rundfunkzwecke, am Tage vor allem innerhalb eines Landes, nachts auch innerhalb eines Kontinents angewendet.

Mittelwertsatz. Der M. der Differentialrechnung besagt: Ist die Funktion $f(x)$ in dem Intervall $a \leq x \leq b$ stetig und im Innern des Intervalls differenzierbar, dann gibt es zwischen 2 Punkten (A und B) mindestens einen Punkt P , dessen Tangente t parallel ist zur Sehne s zwischen den 2 Punkten (A und B), d. h., es gibt mindestens einen Zwischenwert ξ mit

$$a < \xi < b, \text{ für den } f'(\xi) = \frac{f(b) - f(a)}{b - a} \text{ gilt.}$$

Setzt man $a = x_0$, $b = x_0 + h$ und $\xi = x_0 + \delta h$ (mit $h = b - a$, $0 < \delta < 1$), so erhält man den M. in der Form $f(x_0 + h) = f(x_0) + h \cdot f'(x_0 + \delta h)$. Der M. spielt eine Rolle bei den Taylorschen Reihen. (Abb.)

mittlere freie Weglänge, die Strecke, die ein Teilchen, z. B. ein Gasmolekül, ein Neutron im Kernreaktor oder ein Elektron im Metall, durchschnittlich frei durchfliegen kann, ehe es einen Stoß erleidet. Sie beträgt z. B. bei Atmosphärendruck für die Moleküle des Sauerstoffs ungefähr 10^{-5} cm und wächst bei Verdünnung umgekehrt proportional dem Druck. Die m. f. W. in Gasen läßt sich experimentell aus Messungen der inneren Reibung, der Diffusion und der Wärmeleitung ermitteln; aus ihr ergibt sich, wie zuerst Loschmidt gezeigt hat, die Anzahl der Moleküle in der Volumeneinheit.

MJ, Kurzz. für Megajoule, \rightarrow Joule.

MK, Abk. für \rightarrow Maschinenkanone.

mkp, Kurzz. für Meterkilopond, \rightarrow Kilopondmeter.

MKS-System, MKSA-System, MKSAK-System, \rightarrow Einheitensysteme.

M-Kt, \rightarrow Elektrokardiotachometer.

M-Ktg, \rightarrow Elektrokardiotachometer.

ml, Kurzz. für Milliliter, \rightarrow Liter.

MLR-Boot, \rightarrow Minenleger.

mm, Kurzz. für Millimeter, \rightarrow Meter.

mm, Kurzz. für Megameter, \rightarrow Meter.

mmHg, Kurzz. für \rightarrow Millimeter Quecksilbersäule.

mmQS, Kurzz. für \rightarrow Millimeter Quecksilbersäule.

MM-Verfahren, Abk. für \rightarrow Multimomentverfahren.

mm-Wellen, \rightarrow Mikrowellentechnik.

mmWS, Kurzz. für \rightarrow Millimeter Wassersäule.

Mn, Symbol für \rightarrow Mangan.

mNp, Kurzz. für Millineper, \rightarrow Neper.

MNW, Abk. für mittleres Niedrigwasser, \rightarrow Wasserstand.

Mo, Symbol für \rightarrow Molybdän.

Möbiussches Band, eine einseitige Fläche. Man kann leicht ein Modell dieser Fläche herstellen,

indem man die Enden eines länglichen, rechteckigen Papierstreifens zusammenfügt, nachdem man das eine Ende um 180° gegen seine natürliche Lage gedreht hat. Die charakteristische Eigenschaft dieser Fläche besteht darin, daß man von der einen Seite der Fläche zur anderen gelangen kann, ohne dabei den Rand der Fläche zu überschreiten (Vorder- und Rückseite gehen ineinander über). (Abb.)

Modell, Bezugsformstück, in der Fertigungstechnik eine geometrisch ähnliche Gestalt eines Werkstückes. Sie dient 1) zum \rightarrow Nachformen durch spanende Nachformverfahren, z. B. Nachformdrehen, -hobeln, -fräsen und -schleifen; 2) in der Gießerei zum Abformen eines unter Beachtung des Schwindmaßes nach der Konstruktionszeichnung des anzufertigenden Gußstückes hergestellten Formkörpers, nach dem der Hohlraum der Gießform gebildet wird. Als Werkstoffe für M.e zum Handformen verwendet man verschiedene Hölzer und Leichtmetalllegierungen. Damit sich das M. leicht aus der Form herausnehmen läßt, gibt man ihm Ausbeischräge und stellt es meist aus zwei oder mehr Teilen her. In der Maschinenformerei verwendet man aus Gips, Modellstein, Leichtmetall, Kunstharz u. dgl. gegossene oder aus Graugußteilen zusammengesetzte Modellplatten. Sie werden selbst mit Hilfe von M.en hergestellt und enthalten auf einer oder beiden Seiten die Form des Gußstückes sowie Kernmarken und Anschnittteile.

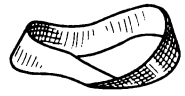
Modellechnik, svw. \rightarrow Ähnlichkeitsmechanik.

Moderator, Bremssubstanz, Verlangsamer, ein Stoff, der im Kernreaktor dazu dient, schnelle Neutronen abzubremesen. Die bei der Kernspaltung frei werdenden Neutronen haben eine Geschwindigkeit bis zu 40000 km s^{-1} . Sie stoßen mit den Atomkernen der Moderatorsubstanz zusammen und geben dabei Energie an diese ab, bis ihre kinetische Energie etwa so groß ist wie die durch die Temperatur bestimmte kinetische Energie (Wärmeenergie) der Atome des M.s, \rightarrow molekularkinetische Theorie der Materie. Damit sind die schnellen Neutronen zu langsamen (thermischen) Neutronen geworden. Das Bremsvermögen einer Moderatorsubstanz ist um so größer, je weniger sich die Masse der Atomkerne des M.s von der der Neutronen unterscheidet. Als M. verwendet man Wasser, schweres Wasser, Beryllium (z. B. als Oxid) oder Graphit, d. h. Stoffe von kleiner Masse, deren Absorptionsvermögen gegenüber Neutronen möglichst gering ist.

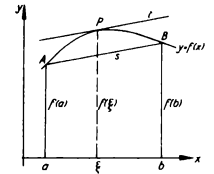
Modifikationen, verschiedene Formen chemischer Elemente oder Verbindungen, die bei gleicher chemischer Zusammensetzung unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweisen. Bei chemischen Elementen bezeichnet man die Eigenschaft, in verschiedenen Formen vorkommen zu können, als **Allotropie**; so vermögen z. B. Kohlenstoff und Schwefel in zwei, Zinn, Phosphor und Eisen in drei verschiedenen M. aufzutreten. Treten chemische Verbindungen in verschiedenen M. auf, so spricht man von **Polymorphie**, z. B. bilden Aluminiumoxid Al_2O_3 und Eisen(III)-oxid Fe_2O_3 zwei, Siliziumdioxid SiO_2 vier und Ammoniumnitrat NH_4NO_3 sogar fünf verschiedene M.

Läßt sich die eine Modifikation in eine andere unmittelbar umwandeln, wie beim Schwefel, so spricht man von **Enantiotropie**, ist unmittelbare Umwandlung nur in einer Richtung möglich, wie beim Phosphor, von **Monotropie**.

Modul m, 1) Mathematik: a) Der M. eines Logarithmensystems mit der Basis b ist derjenige Faktor, mit dem man die natürlichen Logarithmen multiplizieren muß, um sie in Logarithmen mit der Basis b zu verwandeln. Der M. der Logarithmen mit der Basis 10 (dekadische oder



Möbiussches Band



Mittelwertsatz

Briggssche Logarithmen) ist 0,43429... b) unter dem M. einer komplexen Zahl $z = a + bi$ versteht man den absoluten Betrag $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$ dieser Zahl. Der M. von $3 + 4i$ z. B. ist gleich 5. c) in der modernen Algebra eine additiv geschriebene Abelsche Gruppe, z. B. die Menge der ganzen Zahlen bezüglich der Addition. d) M. als Begriff der Zahlentheorie, → Kongruenz.

2) Maschinenbau: bei der Herstellung der Zahnräder die Kennziffer der Teilung. Das Produkt aus dem M. und der Zahl $\pi = 3,14$ ergibt die Teilung in mm, gemessen auf dem Teilkreis des Zahnrades.

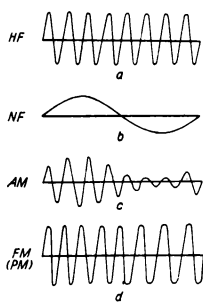
3) Elastizitätsmodul, → Elastizität.

4) Gleitmodul, → Elastizität.

5) → Kompressionsmodul.

6) → Maßordnung.

Modulation, in der Funktechnik der Vorgang, mit dem das zu übertragende Signal, z. B. Ton und Bild, an den Übertragungsweg angepaßt wird. Dies geschieht durch Beeinflussung einer charakteristischen Größe einer Hochfrequenzschwingung (*Träger*, HF) durch die Amplitude einer Schwingung niedrigerer Frequenz (*Modulationsinhalt*, NF). Bei der M. entstehen symmetrisch zum Träger die *Seitenbänder*, die die Information beinhalten. Voraussetzung für die M. ist wie bei jeder Frequenzwandlung → Demodulation, → Mischung 2, Gleichrichtung) das Vorhandensein eines nichtlinearen Gliedes (Röhre, Halbleiter).



Modulation: a) unmodulierte Hochfrequenzschwingung, b) niederfrequenter Modulationsinhalt, c) amplitudenmodulierte Hochfrequenzschwingung, d) frequenz- bzw. phasenmodulierte Hochfrequenzschwingung

Je nachdem, welche charakteristische Größe der Hochfrequenzschwingung beeinflusst wird (Amplitude, Frequenz, Phase), spricht man von Amplituden-, Frequenz- oder Phasenmodulation. Alle diese Modulationsarten sind dadurch charakterisiert, daß der hochfrequente Träger sinusförmig ist. Modulationsarten, die einen Träger aus rechteckförmigen Impulsen benutzen, werden unter dem Begriff der → Impulsmodulation zusammengefaßt. 1) Bei der **Amplitudenmodulation** (abg. AM) wird die Amplitude des Trägers vom Modulationsinhalt verändert. Das Verhältnis der Niederfrequenzamplitude zur Hochfrequenzamplitude nennt man *Modulationsgrad*. Üblich sind Werte zwischen 30 und 90 %. Die benötigte Bandbreite beträgt zweimal die höchste Niederfrequenz. AM wird vorwiegend beim Tonrundfunk auf Kurz-, Mittel- und Langwelle sowie bei der Übertragung des Bildsignals beim Fernseh Rundfunk angewendet. 2) Bei der **Frequenzmodulation** (abg. FM) wird die Frequenz des Trägers vom Modulationsinhalt verändert. Die dem Modulationsinhalt proportionale Änderung der Trägerfrequenz nennt man den *Frequenzhub*. Das Verhältnis Frequenzhub zu höchster Niederfrequenz ist der *Modulationsindex*. Beim FM-Rundfunk ist ein Modulationsindex von 5 üblich. Die benötigte Bandbreite beträgt etwa zweimal Frequenzhub plus viermal höchste Niederfrequenz, beim FM-Rundfunk also ≈ 210 kHz. FM wird vorwiegend beim Tonrundfunk im Band II sowie bei der Übertragung des Tonsignals beim Fernseh Rundfunk angewendet. 3) Bei der **Phasenmodulation** (abg. PM) wird die Phase des Trägers vom Modulationsinhalt verändert. Da die Integration der Frequenz den Phasenwinkel ergibt, sind FM und PM eng miteinander verwandt. Die resultierende Zeitfunktion der PM ist bis auf eine konstante Phasenverschiebung gleich der der FM. Die der Niederfrequenz proportionale Änderung der Phase des Trägers nennt man den *Phasenhub*. Dieser entspricht dem Modulationsindex bei FM. PM wird vorwiegend beim beweglichen Landfunk angewendet.

modulo, → Kongruenz.

mo, Kurzform für Millioersted, → Oersted.

Mofette, eine → Exhalation.

Mofex-Verfahren, → Solventextraktion.

Mögel-Dellinger-Effekt, Bezeichnung für das plötzliche Aussetzen der Reflexionen an der Ionosphäre und den damit im Kurzwellenbereich verbundenen Totalschwund als Folge besonders starker chromosphärischer Eruptionen der Sonne. Die hierbei ausgesandte ultraviolette Strahlung führt zu zusätzlicher Ionisation in der Erdatmosphäre, besonders der unteren Ionosphärenschichten. Im Mittel- und Langwellenbereich treten atmosphärische Störungen auf.

Mohär, Mohair, die → Haare der Angoraziege.

Mohnöl, → Fette und fette Öle.

Mohole-Projekt [im Englischen Abk. für *Mohorovičić Hole* 'Mohorovičić-Loch'], ein Projekt der USA zum Durchbohren der Mohorovičić-Diskontinuität (→ Erde), um Aufschluß über den unter der Erdkruste liegenden Erdmantel zu erhalten. Die USA wollen von einer schwimmenden Bohrplattform aus etwa 185 km nordöstlich der Insel Main (Hawaii) durch etwa 4270 m Wassertiefe bohren und die Mohorovičić-Diskontinuität bei 9450 m antreffen (Bohrbeginn 1968). Im Zusammenhang damit werden seit einigen Jahren Vorversuche zur Erforschung der besonderen Bedingungen übertiefer → Meeresbohrungen angestellt, z. B. zur Zentrierung der Bohrplattform, zur Wahl einer geeigneten Spülung (bisher Meerwasser) und zum Wiedereinbau des Gestänges bei Meißelwechsel.

Die UdSSR will die Mohorovičić-Diskontinuität auf dem Festland zwischen 10 und 20 km durchbohren. Zur Verwirklichung dieses Projektes, das die Bezeichnung *Burmo* trägt (von russisch *бурение* 'Bohrung'), wird seit mehreren Jahren ein systematisches Bohrprogramm, z. B. in der Kaspischen Senke und auf der Halbinsel Kola, betrieben, das besonders der Erprobung neuer Bohrmethoden gilt (Bohraketen, Plasmastrahler, Hochfrequenz), da konventionelle Bohrmethoden (→ Bohrung) mit herkömmlichem Gestänge zu lange dauern und bei 10 bis 15 km ihre Grenze haben.

Mohorovičić-Diskontinuität, → Erde, Abschnitt 4.

Mohrenkopf, eine Varietät des → Turmalins.

Mohrscher Spannungskreis, → Spannungszustand.

Mohrsches Salz, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Doppelsalz aus Ammoniumsulfat und Eisen(II)-sulfat. M. S. bildet hellgrüne, an der Luft sehr beständige Kristalle und wird für maßanalytische Bestimmungen benutzt.

Mohr-Westphalische Waage, ein Gerät zur Dichtebestimmung von Flüssigkeiten durch Ermittlung des Auftriebs. Ein an einem Waagebalken hängender Glaskörper von 5 ml Verdrängungsvolumen wird in Luft durch ein Gegengewicht ins Gleichgewicht gebracht. Beim Eintauchen in die Untersuchungsflüssigkeit erleidet der Senkkörper einen Auftrieb, der durch Aufsetzen von Reitergewichten kompensiert wird. Die Reitergewichte gestatten ein direktes Ablesen der Dichte, da sie durch Bestimmung des Auftriebs in Wasser von 4 °C geeicht sind.

Mohssche Härteskala, von dem Mineralogen F. Mohs aufgestellte Reihe zum Härte-Vergleich von Mineralen: 1 Talk 2 Gips 3 Kalkspat 4 Flußspat 5 Apatit 6 Feldspat 7 Quarz 8 Topas 9 Korund 10 Diamant. Jedes von ihnen läßt sich durch das folgende härtere ritzen.

Moiré m oder *n*, 1) Textiltechnik: ein ripsartiges Gewebe mit glänzender, welliger Linienmusterung, die durch Kalandern erzeugt wird. Verwendung als Futterstoff für Handtaschen und Koffer, für Kranzschleifen und Hutbänder.

2) graphische Technik: ein störendes Muster, das bei Überlagerung mehrerer Raster bei falscher Rasterwinkelung im Mehrfarbendruck oder bei der Aufbereitung einer neuen Autotypie nach einem Rasterbild entsteht.

3) Fernsehtechnik: **Geisterbild**, ein störendes Muster von Streifen oder Wellenlinien im Fernsehbild. Es tritt auf, wenn zwei oder mehrere Signale eintreffen, die vom gleichen Impuls ausgehen und gebrochen werden.

Mokick, → Moped.

mol, Kurzz. für → Mol.

Mol, Kurzz. mol, **Grammolekül**, die Anzahl Gramm einer chemischen Verbindung, die das Molekulargewicht angibt, z. B. 1 Mol Methan $\text{CH}_4 = 16,043 \text{ g}$. (Das Atomgewicht bzw. die relative Atommasse ist nur ein Sonderfall des Molekulargewichts für einatomige Stoffe. Man nennt die Anzahl Gramm, die gleich dem Atomgewicht ist, auch **Grammatom**.) In einem M. eines jeden Stoffes ist stets die gleiche Zahl von Molekülen (oder Atomen) enthalten, nämlich $N_L = 6,023 \cdot 10^{23}$ (N_L ist die → Loschmidtsche Zahl). **Kilomol**, **kmol**, = 10^3 Mol. Den Rauminhalt, den ein M. einnimmt, bezeichnet man als → Molvolumen.

Molalität, → Konzentration.

Molarität, → Konzentration.

Mole, ein vom Ufer aus ins Meer vorgebautes dammartiges Bauwerk. Die M. hat die Aufgabe, einen Hafen gegen Strömung, Verflachung und Wellen zu schützen und den Wasserfahrzeugen eine gefahrlose Hafeneinfahrt zu garantieren. Sie ist begeh- oder befahrbar ausgeführt und kann zum Anlegen von Schiffen geeignet sein (**Landungsmole**). Die M. wird aus zwei gegeneinander verankerten Pfahlwänden (**Pfahlwandmole**) oder Spundwänden (**Spundwandmole**) mit Steinfüllung, als Steindamm aus Betonblöcken oder als feste Mauer aus Beton oder Bruchsteinen gebaut. Die an der Ostsee verbreitete Pfahlwandmole ist über Wasser mit einer Bruchsteinmauer überbaut. Die **Molenköpfe** tragen Seezeichen, z. B. Richtfeuer, Baken.

Molekeln, svw. → Moleküle.

Molekül, → Moleküle.

Molekulargewicht, 1) **relatives M.**, die Summe der Atomgewichte aller in einem Molekül vereinigten Atome, z. B. Chlorwasserstoff HCl, hierbei ist $M. = 1,008$ (Atomgewicht von Wasserstoff) + $35,453$ (Atomgewicht von Chlor) = $36,461$; Benzol C_6H_6 , hierbei ist $M. = 6 \cdot 12,011$ (Atomgewicht von Kohlenstoff) + $6 \cdot 1,008$ = $78,114$. (Man spricht von Gewichten, obwohl es sich um Massen handelt.) Dieses meist verwendete relative M. ist eine dimensionslose Zahl; es gibt an, wievielfach schwerer ein Molekül der betreffenden Verbindung ist als der zwölfte Teil eines Atoms Kohlenstoff ^{12}C (früher: als der sechzehnte Teil eines Atoms Sauerstoff ^{16}O). Das relative M. eines idealen Gases ergibt sich als die Masse von $22,4146 \text{ l}$ dieses Gases unter Normalbedingungen. Es ist bei idealen Gasen der Gasdichte proportional.

2) **Absolutes M.**, der Quotient des relativen M.s und der Loschmidtschen Zahl $N_L = 6,023 \cdot 10^{23}$. Es ist demzufolge sehr klein und hat die Dimension g. Es gibt die Masse eines einzelnen Moleküls an. Die Masse eines Moleküls Wasser z. B. beträgt $2,991 \cdot 10^{-23} \text{ g}$.

molekularkinetische Theorie der Materie, eine Theorie, die das makroskopische Verhalten der Stoffe als Folge ihres Aufbaus aus Atomen und Molekülen versteht. Im Gegensatz zur → statistischen Mechanik macht sie bestimmte Annahmen über die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Partikeln und kommt dabei, anders als die Statistik, für die nur Lage, Impuls und Energie der Teilchen von Bedeutung sind, nicht mehr ohne modellmäßige Vorstellungen aus. Die Teilchen werden als elastische Kugeln betrachtet, die durch Stöße Wirkungen aufeinander ausüben, oder als Kraftzentren, wobei die abstoßenden Kräfte zwischen zwei Teilchen nach bestimmten Gesetzen mit der Entfernung der

Teilchen abnehmen. Deshalb ist die kinetische Theorie zwar komplizierter anzuwenden, sie führt aber auch viel weiter als die Statistik. Während diese vor allem Gleichgewichtszustände betrachtet, liegt das Hauptanwendungsgebiet der m.n.T.d.M. in der Untersuchung von zeitlich ablaufenden Vorgängen, insbesondere der Transportphänomene (Wärmeleitung, innere Reibung, Diffusion, Thermoeffusion). Der älteste Zweig der m.n.T.d.M. ist die **kinetische Gastheorie**, die 1738 von Daniel Bernoulli begründet, später durch Krönig, Clausius, Maxwell, van der Waals, Boltzmann, Planck u.a. ausgebaut wurde. Sie benutzt zur Auffindung der Gesetzmäßigkeiten das Modell des idealen Gases, → Gasgesetz. Eine wesentliche Aussage der kinetischen Gastheorie ist, daß die kinetische Energie der Atome eines einatomigen Gases im normalen Temperaturbereich $\frac{3}{2} kT$ beträgt (k = Boltzmannsche Konstante, T = absolute Temperatur), d. h. je Freiheitsgrad $\frac{1}{2} kT$ (→ Gleichverteilungssatz). Die Theorie ist später auch auf flüssige und feste Stoffe ausgedehnt worden. Eine Weiterentwicklung der Methoden der Kinetik stellt die **Wlassowsche Theorie des Teilchenkollektivs** dar. Sie will u. a. zu einer Theorie des → Plasmas und der Flüssigkeit führen. Die Ansätze Wlassows gehen in ihrer Bedeutung für die allgemeine Naturerkenntnis über die eigentliche Kinetik hinaus.

Molekularkräfte, die Kräfte, die zwischen den → Molekülen wirken, → Aggregatzustand, → Zustand, → Kohäsionsdruck. Die M. sind bei sehr kleinen Abständen abstoßend und bei größeren Abständen anziehend. M. zwischen gleichartigen Molekülen heißen Kohäsionskräfte (→ Kohäsion), solche zwischen verschiedenartigen Molekülen heißen Adhäsionskräfte (→ Adhäsion).

Molekularpumpe, eine → Vakuumpumpe.

Molekularsiebe, Adsorptionsmittel hoher Selektivität für Gase und Dämpfe. Die Selektivität beruht darauf, daß die Poren der M. nicht kleinere Abmessungen haben dürfen als die Moleküle des zu adsorbierenden Stoffes. Als M. dienen hauptsächlich synthetisch hergestellte Zeolithe. Man erhält diese, indem man ein aus Natriumhydroxid, Aluminiumtrihydroxid und Wasserglas gebildetes Gel bei 100°C kristallisieren läßt, trocknet, mit einem Bindemittel (Ton) versetzt, granuliert und bei 650°C glüht. M. werden angewandt zur Höchsttrocknung von Gasen, z. B. Erdgas, und organischen Flüssigkeiten, zur Abtrennung von n-Paraffinen aus Benzingerischen zur Verbesserung der Oktanzahl, zur selektiven Abtrennung von Verunreinigungen aus Gasen und Flüssigkeiten, als Katalysatoren und Katalysatorträger, zur Gewinnung von geradkettigen Kohlenwasserstoffen von C_{10} bis C_{22} aus Erdöldestillaten, zur analytischen Bestimmung von Normalkohlenwasserstoffen bis C_{22} in der Petrochemie, in der Vakuumtechnik zur Adsorption von Öldämpfen, die von den Vakuumpumpen herrühren, in Adsorptionsfallen und zur Erzeugung von Hochvakua ohne Diffusionspumpen. Ein Vorteil der M. ist die beliebige Regenerationsmöglichkeit durch Erhitzen auf 200 bis 400°C und Spülen mit trockenem Stickstoff oder Luft. Quecksilber und quecksilberhaltige Gase müssen ferngehalten werden, da sie die Poren der M. verstopfen.

Lit. Grubner, Jiri, Rálek: M.e (dtsh Berlin 1968).

Molekularstrahl, svw. → Atomstrahl.

Moleküle, **Molekeln**, durch Vereinigung zweier oder mehrerer gleicher oder verschiedenartiger Atome gebildete kleinste Teilchen zusammenge-setzter Stoffe. Die Bindung der Atome im Molekül übertrifft größenordnungsmäßig die Stärke der Kräfte zwischen den Molekülen. Die M. sind chemisch abgesättigt und elektrisch neutral. M., die chemisch nicht abgesättigt sind, heißen **Radikale**. Erhalten die Moleküle durch Ionisation

oder Komplexbildung eine elektrische Ladung, so gehen sie in Ionen über. Viele M. dissoziieren in Wasser, d. h., sie werden in Anionen und Kationen gespalten.

Man unterscheidet nach Staudinger niedermolekulare Verbindungen mit weniger als 1000 Atomen im Molekül und makromolekulare Verbindungen mit mehr als 1000 Atomen im Molekül (\rightarrow Makromoleküle).

Die meisten M. besitzen Massen zwischen 10^{-24} und 10^{-10} g, Makromoleküle bis zu etwa 10^{-18} g. Die absoluten Massen der M. können mit Hilfe der Massenspektroskopie ermittelt werden. Die Durchmesser einfacher M. sind von der Größenordnung 10^{-8} cm, z. B. bei Wasserdampf $2,6 \cdot 10^{-8}$ cm. Makromoleküle besitzen Ausdehnungen bis zu 10^{-3} cm und können mit dem Elektronenmikroskop und auch teilweise mit einem normalen Lichtmikroskop sichtbar gemacht werden. Die M. können von verschiedener Gestalt sein; so sind z. B. die M. von Kohlendioxid CO_2 , Zyanwasserstoff HCN und Kohlendisulfid CS_2 gestreckt, die von Wasser H_2O , Schwefeldioxid SO_2 und Formaldehyd HCHO gewinkelt, die Ammoniakmoleküle NH_3 bilden eine Pyramide, die M. von Methan CH_4 , Siliziumtetrachlorid SiCl_4 und Titanatetrachlorid TiCl_4 Tetraeder.

Die Zahl der M. in 1 cm^3 eines idealen Gases bei 0°C und 1 atm ist $2,6873 \cdot 10^{19}$ (Avogadro'sche Zahl). 1 Mol eines Stoffes enthält stets $6,023 \cdot 10^{23}$ (Loschmidtsche Zahl).

Lit. Preuß: Die Methoden der Molekülphysik und ihre Anwendungsbereiche (Berlin 1959); Sutton: Chemische Bindung und Molekülstruktur (dtsh Berlin 1961); Wolkstein: Struktur und physikalische Eigenschaften der M. (dtsh Leipzig 1960).

Molenbruch, \rightarrow Konzentration.

Molex-Prozeß, \rightarrow Petrolchemie.

Möller m, ein genau berechnetes Gemisch aus metallhaltigen Einsatzstoffen (Erze, Sinter, Pellets, Industriierückstände) und Zuschlägen, das bei der Metallerzeugung mit Koks vermischt oder schichtenweise getrennt in den Schachtofen aufgegeben wird. Je nach der Prozeßführung wird der M. basisch oder sauer gehalten (\rightarrow Roheisenerzeugung). Der M. muß so berechnet werden, daß in Verbindung mit der Koksasche eine leichtflüssige Schlacke mit der geforderten Basizität entsteht.

Lit. Eichel: Grundzüge der Erz- und Möllervorbereitung (Berlin 1952); Pawlow: Berechnung des Hochofenmüllers (dtsh Berlin 1952).

Molluskizide, chemische Mittel zur Bekämpfung von Schnecken. Am bekanntesten ist Metaldehyd.

Molprozent, \rightarrow Konzentration.

Moltopren, \rightarrow Plaste, Übers.

Molverhältnis, \rightarrow Konzentration.

Molvolumen, Zeichen V_M , das Volumen eines Mols eines Stoffes. Es ist gegeben durch $V_M = M/d$, wobei M = Molekulargewicht, d = Dichte. Bei idealen Gasen sind Molekulargewicht und Dichte streng proportional. Das M. hängt bei ihnen nur vom Druck p und der Temperatur T ,

nicht aber von der Art des Gases ab: $V_M = \frac{RT}{p}$

(R = Gaskonstante). Unter Normalbedingungen (0°C und 760 Torr) beträgt das M. idealer Gase $22,4146 \text{ l}$.

Molwärme, \rightarrow spezifische Wärme.

Molybdän, Symbol Mo , chemisches Element aus der VI. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall; Ordnungszahl 42, Massenzahlen der Isotope 98, 96, 92, 95, 100, 97 und 94, Atomgewicht 95,94 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist VI, auch II, III, IV, V, D. $10,2 \text{ g cm}^{-3}$, F. 2622°C , Kp. etwa 4800°C ; 1782 isolierte Hjelm das Metall in Pulverform. M. ist in kom-

pakten Stücken silberweiß, sehr fest, hämmer-, dehn- und polierbar. In der Natur kommt es zwar häufig, aber nur in geringen Mengen in Form von Verbindungen vor. Die wichtigsten Erze sind Molybdänit und Wulfenit; ersteres ist Ausgangsmaterial zur Gewinnung von M. Das im Erz angereicherte Molybdänsulfid röstet man zu Molybdän(VI)-oxid; dieses wird mit Wasserstoff zu etwa 99,8 % igem, pulverförmigem M. reduziert, das dann pulvermetallurgisch zu Stäben weiterverarbeitet wird. Reines M. wird zu Blechen, Röhren, Stäben, Drähten u. a. verarbeitet, die z. B. in Elektronenröhren und Glühlampen verwendet werden. Wichtig sind Legierungen des M.s mit anderen hochschmelzenden Metallen, z. B. W, Nb und Ta, aber auch mit Ti und Zr, ferner mit Fe (Ferromolybdän).

Molybdänverbindungen. **Molybdänsilizid**, MoSi_2 , graue, metallisch glänzende Kristalle, verwendet als Heizelemente in Elektroöfen für hohe Temperaturen; **Molybdänkarbid**, MoC , graue, glänzende Kristalle, verwendet zur Herstellung von \rightarrow Hartmetallen; **Molybdän(VI)-oxid (Molybdäntrioxid)**, MoO_3 , weißes Pulver, dient als Katalysator in der organischen Chemie, die Oxide Mo_2O_3 und Mo_3O_9 werden unter der Bezeichnung **Molybdänblau** als Pigmente verwendet; **Molybdän(IV)-sulfid (Molybdänsulfid)**, MoS_2 , weiche, graphit-ähnliche Blättchen, kommt in der Natur als Molybdänit vor, verwendet als Schmiermittel und Katalysator.

Lit. Agte u. Vacek: Wolfram und M. (dtsh Berlin 1959); Rechenberg: M. (Stuttgart 1960); Tafel: Lehrb. der Metallhüttenkunde, Bd 3 (2. Aufl. Leipzig 1954).

Molybdänglanz, swv. \rightarrow Molybdänit.

Molybdänit, **Molybdänglanz**, das wichtigste Molybdänmineral, MoS_2 ; hexagonal, bleigrau, vorzüglich spaltbar, Härte nach Mohs 1 bis 1,5, D. 4,7 bis $4,8 \text{ g cm}^{-3}$. M. tritt meist derb eingesprengt, blättrig, schuppig, auch als feinste Imprägnation auf und findet sich auf Pegmatit- und Zinnerzgängen, z. T. kontaktpneumatolytisch. M. ist ein wichtiges Legierungsmetall für Stähle.

Moment, 1) ein Maß für die Dreh- oder Biege- wirkung einer Kraft, z. B. \rightarrow Drehmoment, Biegemoment (\rightarrow Biegung), Kippmoment (\rightarrow Standsicherheit). Das M. wird gebildet als Produkt aus Kraft und Hebelarm der Kraft, bezogen auf einen bestimmten Drehpunkt. Der Hebelarm ist der senkrechte Abstand des Drehpunktes von der Wirkungslinie der Kraft. Das M. ist statisch gleichwertig mit einem \rightarrow Kräftepaar.

In der Festigkeitslehre werden Produkte aus der Größe eines Flächenelementes und der Entfernung (Hebelarm) dieses Flächenelementes von einem Bezugspunkt gebildet. Diese Produkte heißen **Flächenmomente**. Benutzt man bei der Produktbildung das Quadrat des Hebelarmes, so erhält man ein Flächenmoment 2. Grades. Diese Flächenmomente 2. Grades werden als **Flächenträgheitsmomente** bezeichnet und dürfen nicht mit den in der Dynamik der festen Körper auftretenden **Massenträgheitsmomenten** verwechselt werden (\rightarrow Trägheitsmoment).

2) magnetisches M., \rightarrow Dipol.

3) elektrisches M., \rightarrow Dipol.

Momentanelektrokardiographometer, \rightarrow Elektrokardiographometer.

Momentanpol, **Geschwindigkeitspol**, in der Kinematik der Punkt einer bewegten Ebene, der sich im Augenblick in Ruhe befindet (Geschwindigkeit = Null). Die allgemeine Bewegung einer Ebene (oder eines Getriebegliedes) kann als Drehung um einen festen Punkt, den M., betrachtet werden, wenn die Gesamtbewegung in möglichst eng begrenzte Einzelbewegungen aufgeteilt und jede dieser Momentandrehungen für sich betrachtet wird. Für jede Lage einer Ebene

gibt es nur einen M., der im Schnittpunkt aller Bahnnormalen dieser Ebene liegt. Verfolgt man die Bahnen des M.s von Getriebestellung zu Getriebestellung, so erhält man die in der Gestellenebene (ruhende Ebene) liegende **Rastpolbahn** (ruhende Polbahn). In der bewegten Ebene (z. B. der Koppellebene) liegt die **Gangpolbahn** (bewegte Polbahn). Jede Bewegung einer Ebene kann durch Abrollen der mit ihr fest verbundenen Gangpolbahn auf der Rastpolbahn erzeugt werden. Mit Hilfe der Polbahnen kann man die in manchen Getrieben auftretenden zwanglosen Lagen überwinden, wenn man aus Polbahnstücken **Hilfsverzahnungen** entwickelt, die in den zwanglosen Lagen die gewünschte Bewegung aufrechterhalten, z. B. bei der \rightarrow Parallelkurbel. Sollten in \rightarrow Wälzhebelgetrieben die Wälzhebel nicht aufeinander gleiten, so sind ihre Formen Polbahnen der relativen Bewegung. Die Relativpolbahnen der Glieder *a* und *c* einer \rightarrow Antiparallelkurbel sind Ellipsen, die Polbahnen der \rightarrow Kreuzschleife entsprechen dem \rightarrow Kardankreispaar.

Monat, die Dauer eines Umlaufs des Mondes um die Erde. Astronomisch unterscheidet man 1) den **siderischen M.**, d. i. die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen des Mondes durch den Stundenkreis des gleichen Fixsterns = 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten 12 Sekunden; 2) den **tropischen M.**, d. i. die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen des Mondes durch den Stundenkreis des Frühlingspunktes = 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten 5 Sekunden; 3) den **synodischen M.**, d. i. die Zeit von Neumond zu Neumond = 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten 3 Sekunden; 4) den **drakonitischen M.**, d. i. die Zeit bis zur Rückkehr zum gleichen Bahnknoten = 27 Tage 5 Stunden 5 Minuten 36 Sekunden; 5) den **anomalistischen M.**, d. i. die Zeit zwischen zwei Erdnähen des Mondes = 27 Tage 13 Stunden 18 Minuten 33 Sekunden.

Der Kalendermonat ist aus dem synodischen M. entstanden.

Monazit, Turnerit, ein Mineral, CePO_4 ; monoklin, hellgelb bis dunkelbraun, auch hyazinthrot, Härte nach Mohs 5 bis 5,5, D. 4,8 bis 5,5 g cm^{-3} . M. ist wichtig durch seinen Gehalt an Seltenen Erden (bis 70%) und Thoriumverbindungen (bis 19%); er ist meist radioaktiv. M. kommt in kleinen Kristallen als Nebengemengteil in Graniten, Apliten, Gneisen, häufiger in Pegmatiten vor, ferner in Seifenlagerstätten als Monazitsand. M. ist ein wichtiger Rohstoff zur Gewinnung Seltenen Erden, des Zers und des Thoriums für die Legierungstechnik.

Mönch, ein gekrümmter \rightarrow Dachziegel.

Mond, 1) im engeren Sinne der die Erde umkreisende Himmelskörper (Tafel 56). Der M. bewegt sich im Laufe eines siderischen \rightarrow Monats (27,32166 Tage) einmal in einer elliptischen Bahn um die Erde und verschiebt sich dabei täglich um $13^\circ 10,6'$ relativ zu den Fixsternen nach Osten. Die Exzentrizität seiner Bahn ist 0,055, ihre Neigung gegen die Ekliptik $5^\circ 9'$; seine mittlere Entfernung von der Erde beträgt 384 400 km (rund 60 Erdradien), sein Durchmesser 3476 km (0,27 Erddurchmesser), seine Masse $7,347 \cdot 10^{22}$ g ($\frac{1}{81}$ der Erdmasse), die mittlere Dichte $3,34$ g cm^{-3} ; die Schwerkraft auf dem Mond ist $\frac{1}{6}$ der Schwerkraft auf der Erde. Da der M. bei einem Umlauf um die Erde sich zugleich einmal um seine Achse dreht, wendet er uns stets dieselbe Seite zu. Die dunklen Flecke auf der Oberfläche werden als **Meer** (Mare), **Meerbusen** (Sinus), **See** (Lacus), **Sumpf** (Palus) und **Krater** bezeichnet, obwohl auf dem Mond wegen der fehlenden Lufthülle kein Wasser auftreten kann. Besonders kennzeichnend für seine Oberfläche sind die zahlreichen Ringgebirge mit Durchmesser bis zu 240 km und Höhen bis zu 8000 m

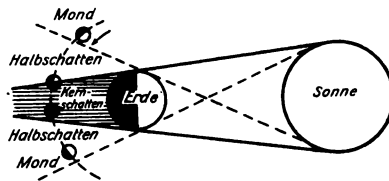
über ihrer Umgebung. Die Temperatur auf der Mondoberfläche wechselt vom Mondtag zur Mondnacht am Mondäquator zwischen $+130^\circ\text{C}$ und -150°C .

Da der M. nicht selbst leuchtet, sondern sein Licht von der Sonne erhält, erscheint er von der Erde aus in verschiedenen Phasen (**Mondphasen**); von diesen sind besonders benannt die 4 Mondviertel: **Neumond** (M. zwischen Erde und Sonne), **erstes Viertel**, **Vollmond** (Erde zwischen M. und Sonne), **letztes Viertel**. Die Aufeinanderfolge der vier Mondphasen heißt **Mondwechsel**.

Die Anziehung besonders des M.es gemeinsam mit derjenigen der Sonne ruft unter anderem auf der Erde die Gezeiten, Lotschwankungen, Schwerkraftschwankungen sowie die Präzession hervor.

2) im weiteren Sinne jeder Himmelskörper, der einen Planeten umkreist, \rightarrow Satellit.

Mondfinsternis, das vollständige oder begrenzte Unsichtbarwerden des Mondes dadurch, daß der Vollmond in den Kernschatten (\rightarrow Schatten) der Erde tritt, und zwar ganz (**totale M.**) oder nur zum Teil (**partielle M.**). Eine M. ist an allen Orten der Erde sichtbar, für die der Mond über dem Horizont steht.



Verlauf einer Mondfinsternis

Die nächsten Mondfinsternisse (t = totale, p = partielle M.)

1970	21. Februar	9h 31min	p
	17. August	4h 25min	p
1971	10. Februar	8h 42min	t
	6. August	20h 44min	t
1972	30. Januar	11h 53min	t
	26. Juli	8h 18min	p
1973	10. Dezember	2h 48min	p
	4. Juni	23h 14min	p
1974	29. November	16h 18min	t
	25. Mai	6h 48min	t
1975	18. November	23h 24min	t

Mondprojekt (Tafeln 18, 56), Plan für Flüge zum Mond und eine Landung auf seiner Oberfläche mittels bemannter Raumschiffe. Der Mond kommt unter allen Himmelskörpern an erster Stelle für Raumflüge von der Erde aus in Betracht, weil er der Erde am nächsten ist. Die geozentrischen Bahnen, die zum Mond führen, sind parabelnahe Ellipsen oder Hyperbeln.

Im einzelnen bestehen für die Erforschung des Mondes folgende Projekte: 1) Umliegen des Mondes mit automatischen Meßsonden (\rightarrow Raumsonden), 2) „harte“ Landung auf der Mondoberfläche (mit Zerstörung der Sonde), 3) Start künstlicher Mondsatelliten, 4) „weiche“ Landung einer automatischen Meßstation auf dem Mond (unter Abbremsung der Fallgeschwindigkeit mittels Raketentriebwerks), 5) Flug eines bemannten Raumschiffes in die Nähe des Mondes, 6) nach Lösung des schwierigen Rückkehrproblems Landung von Menschen auf dem Mond zu kurzfristigem Aufenthalt, 7) Errichtung einer ständigen Forschungsstation. Die Wissenschaft verspricht sich von der Erforschung des Mondes wichtige Erkenntnisse über zahlreiche Fragen der Astrophysik, Kosmogonie, Geophysik, Geologie u. a., ferner kann eine feste Station auf dem

Mond als Observatorium, Relaisstation und Zwischenlandeplatz für künftige Raumschiffe dienen. Schließlich ist der Mond als mögliche Rohstoffquelle wichtig.

Erste Schritte in Richtung auf das M. sind die bisher gestarteten **Mondsonden**. Die erste, in der UdSSR gestartete Raumsonde Lunik 1 passierte am 4. 1. 1959 nach 34stündigem Flug den Mond in etwa 6000 km Entfernung und wurde zu einem künstlichen → Planetoiden. Die erste harte Landung auf dem Mond gelang der sowjetischen Meßsonde Lunik 2, die am 13. 9. 1959 mit einer Geschwindigkeit von 3,3 km/s auf die Mondoberfläche stürzte und dort zerschellte. Die Sonde lieferte erstmalig Meßdaten (über Strahlungen, Magnetfelder, Mikrometeoriten) aus der nächsten Umgebung des Mondes. Lunik 3 und Sonde 3 (UdSSR) fotografierten am 7. 10. 1959 bzw. am 20. 7. 1965 die bis dahin unbekannte Rückseite des Mondes. Die Sonde Ranger 7 der USA lieferte am 31. 7. 1964 erstmalig Fernseh-Nahaufnahmen sehr hoher Auflösung von der Mondoberfläche. Die Kenntnis der Oberflächenstruktur des Mondes ist für eine spätere Landung unerläßliche Voraussetzung.

Die Erprobung der technischen Voraussetzungen für weiche Landungen begann die UdSSR am 12. 5. 1965 mit der Sonde Luna 5. Am 3. 2. 1966 landete die sowjetische Sonde Luna 9 zum ersten Mal „weich“ (unbeschädigt) auf dem Mond und übertrug Fernsehaufnahmen von seiner Oberfläche. Die ausreichende Tragfähigkeit des Mondbodens für Raumfahrzeuge wurde damit bewiesen. Am 2. 6. 1966 wiederholte Surveyor 1 (USA) dieses Experiment. Der erste künstliche Mondsatellit Luna 10 gelangte am 3. 4. 1966 auf eine Mondumlaufbahn. Die photographische Erkundung wurde durch weitere Mondsatelliten, wie Lunar Orbiter 1 (ab 14. 8. 66) und Luna 12 (ab 25. 10. 66) fortgesetzt. Mit der Untersuchung der mechanischen Eigenschaften des Mondbodens begann Luna 13 (ab 24. 12. 66) und Surveyor 3 (ab 20. 4. 67); die chemische Zusammensetzung der Mondgesteine bestimmte Surveyor 5 (ab 11. 9. 1967). Die sowjetische Sonde 5 kehrte nach einer Umrundung des Mondes (18. 9. 1968) als erster Raumflugkörper wieder zur Erde zurück und wurde geborgen. Von den bis Oktober 1968 gestarteten 40 Mondsonden haben 18 die Mondoberfläche erreicht, 18 weitere gelangten in die Umgebung des Mondes.

Der direkte Start eines bemannten Raumschiffes zur Landung auf dem Mond erfordert einen sehr

neuen Treibstoff auftankt, um dann unmittelbar zur Mondoberfläche zu fliegen. Eine andere Variante sieht vor, das Raumschiff in eine Parkbahn in Mondnähe zu bringen (→ Mondsatellit), von wo aus lediglich ein kleines Landefahrzeug zur Mondoberfläche niedergeht (Apollo-Projekt der USA). Beim Rückflug ist dann ein Rendezvous-Manöver in der Mondsatellitenbahn notwendig.

Die Flugdauer von der Erde zum Mond beträgt 1 bis 5 Tage.

Mondsatellit, ein künstlicher Raumflugkörper, der den Mond auf einer ellipsenähnlichen Bahn umkreist. Die Nutzlast muß auf einer langgestreckten Bahn von der Erde aus in die Nähe des Mondes gebracht und dort durch ein Raketentriebwerk etwas abgebremst werden, um eine Mondumlaufbahn zu erreichen. Die Bahn kann in 10 bis $5 \cdot 10^4$ km Höhe über der Mondoberfläche liegen, die Umlaufzeit kann 100 Minuten bis etwa 1 Monat betragen. Die Aufgaben der M.en sind hauptsächlich wissenschaftliche Messungen (physikalische Messungen in der Umgebung des Mondes, Untersuchung der Oberfläche und Gestalt des Mondes, Messungen im interplanetaren Raum). Der erste künstliche Mondsatellit Luna 10 (UdSSR) wurde am 31. 3. 1966 gestartet und erreichte nach $3\frac{1}{2}$ Tagen eine Umlaufbahn um den Mond. Bis Oktober 1968 wurden insgesamt 10 künstliche M.en gestartet.

Mondsonde, → Raumsonde, → Mondprojekt.

Monergole, → Raketentreibstoffe.

Monitor [englisch, 'Warner'], 1) Fernstehtchnik: ein Fernsehempfänger mit besonders hoher Bildqualität, der im Studio, in Übertragungswagen und bei Übertragungsstellen für Regie-, Kontroll- und Meßaufgaben eingesetzt wird. Meist werden in M.en besonders für diese Zwecke gebaute Bildröhren verwendet.

2) Kerntechnik: ein Warn- und Kontrollgerät zum Nachweis radioaktiver Strahlung. Als Strahlungsdetektoren werden gewöhnlich Zählrohre oder Ionisationskammern verwendet. Das Überschreiten einer bestimmten Schwelle wird im allgemeinen durch ein optisches oder akustisches Signal angezeigt.

3) Hochvakuumtechnik: **Quarz-Monitor**, ein Meßgerät, das bei der Vakuumaufdampfung dünner Schichten zur Kontrolle der Schichtdicke verwendet wird. Bei der Vakuumaufdampfung wird gleichzeitig mit dem Substrat ein Schwingquarz bedampft, dessen Eigenfrequenz sich mit der aufgedampften Schichtdicke verändert. Die Verschiebung der Eigenfrequenz wird gemessen und als Maß für die Schichtdicke verwendet.

4) Funkortungs- und Flugsicherungstechnik: ein Gerät, das die ordnungsgemäße Ausstrahlung der Sender in den Bodenstationen überwacht. Es signalisiert bei Überschreiten der vorgegebenen Toleranzen.

5) Bergbau: ein schwenkbarer Wasserwerfer. Der M. wird im Kalibergbau zum Einspülen von Versatzmassen in die nach unten Tage führende Spülleitung, im Kohlen- und Erzbergbau bei der hydromechanischen Gewinnung verwendet.

Mono..., ein..., allein...

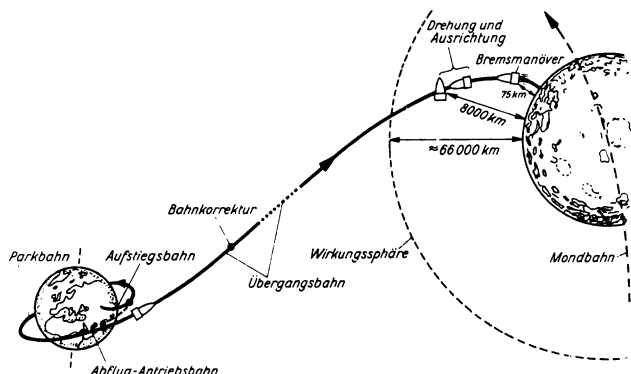
Monochloräthan, svw. → Äthylchlorid.

Monochlormethan, svw. → Methylchlorid.

monochrom, svw. → monochromatisch.

monochromatisch, **monochrom**, svw. einfarbig. **M.es Licht**, **m.e Strahlung**, Licht oder allgemein Strahlung von nur einer Wellenlänge; diese Strahlung kann nicht mehr in Spektralfarben oder Spektralanteile zerlegt werden.

Monochromator, ein Gerät zur Herstellung von monochromatischer Strahlung oder zur Untersuchung der spektralen Energieverteilung einer



Flugbahn der sowjetischen Mondsonde „Luna 9“ (erste „weiche“ Landung auf dem Mond)

hohen Aufwand. Günstiger ist der Start aus einer erdnahen Satellitenbahn (→ Parkbahn), in der das Raumschiff mit Hilfe der → Rendezvous-Technik zusammengebaut werden könnte oder zumindest

Strahlung. Die Strahlung wird durch ein Dispersionsprisma aus Quarz, Glas oder Steinsalz (**Prismenmonochromator**) oder durch ein Beugungsgitter (**Gittermonochromator**) spektral zerlegt (\rightarrow Spektroskopie). Um die vom **Eintrittsspalt** ausgehende Strahlung parallel zu richten und sie nach Durchgang durch das Prisma oder Reflexion am Gitter wieder auf den **Austrittsspalt** abzubilden, verwendet man in modernen M.n nur noch Spiegeloptik, und zwar außer ebenen Umlenkspiegeln sphärische und asphärische Hohlspiegel verschiedener Art (**Spiegelmonochromator**). Dadurch ist es möglich, M.n für alle Spektralbereiche zu verwenden. Spiegelmonochromatoren sind wesentliche Bestandteile der modernen Spektralphotometer, die vielfach als automatische Registriergeräte in der modernen Spektroskopie Anwendung finden.

Um bei M.n noch vorhandene Anteile von Streulicht zu verringern und eine besonders hohe spektrale Reinheit zu erreichen, wird der Austrittsspalt als Mittelspalt ausgebildet und noch ein weiteres Monochromatorsystem hintergeschaltet (**Doppelmonochromator**).

Monokarbonsäuren, \rightarrow Karbonsäuren.

monoklin, \rightarrow Kristall.

Monoklinalfalte, svw. \rightarrow Flexur.

monolithisch, Bezeichnung für zusammenhängend und fugenlos hergestellte Bauwerke oder auch Bauteile, die also nicht aus kleinen Elementen zusammengefügt sind.

Monomere, *Sing.* ein Monomeres, Stoffe, deren Moleküle einzeln vorliegen. Durch die Verfahren der \rightarrow Polymerisation, \rightarrow Polyaddition und \rightarrow Polykondensation können diese monomeren Moleküle miteinander zu \rightarrow Polymeren verkettet werden. Diese Eigenschaft wird vor allem zur Herstellung von Plasten ausgenutzt, z. B. erhält man aus Styrol (Monomeres) durch Polymerisation Polystyrol (Polymeres).

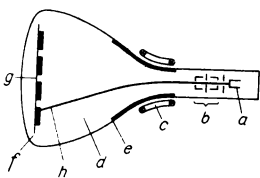
Monomoteurantrieb, eine Antriebsart für elektrische \rightarrow Lokomotiven.

Monophoto, eine Lichtsetzmaschine, \rightarrow Setzen.

Monosaccharide, einfache \rightarrow Kohlenhydrate.

Monoskopanlage, \rightarrow Fernsehen.

Monoskopröhre, eine Elektronenröhre, die beim Fernsehen zur Erzeugung eines stehenden Bildes (z. B. Testbild, Stationszeichen, Störungsmeldung) dient. Die M. ist ähnlich einer \rightarrow Elektronenstrahlröhre aufgebaut. Der im Strahl-



Monoskopröhre. a Strahlensystem, b Elektronenlinse, c Ablenkspulensystem, d Anodenkontakt, e Anodenbelag, f Signalplatte, g Kontakt zur Abnahme des Bildsignals, h Elektronenstrahl

system erzeugte Elektronenstrahl wird mit der Elektronenlinse fokussiert und mit dem Ablenkspulensystem in horizontaler und vertikaler Richtung über die Signalplatte geführt. Auf der Signalplatte ist ein Muster des zu sendenden Bildes derart aufgebracht, daß die verschiedenen Helligkeiten der Bildpunkte verschiedenen Sekundäremissionskoeffizienten δ entsprechen. Beim Überstreichen des Elektronenstrahles über die Signalplatte wird jeweils der Strom ($\delta - 1$) zur Signalplatte geleitet. Dieser mit der Sekundäremission der einzelnen Bildpunkte variierende Strom ist das Bildsignal.

Monotropie, \rightarrow Modifikationen.

Monotype, eine Setzmaschine, \rightarrow Setzen.

Monozelle, **Rundzelle**, ein einzelnes zylindrisches Primärelement, in gebrauchsfähiger Form mit 34 mm Durchmesser, 61,5 mm Gesamthöhe und einer Nennspannung von 1,5 V. Die M. ist meist nach dem Prinzip des Leclanché-Elementes (\rightarrow galvanische Elemente) aufgebaut.

Durch neue technologische Erkenntnisse können heute M.n mit erhöhter Strombelastbarkeit und Lagerfähigkeit hergestellt werden. Bei der **Paperlined-Technik** wird der sonst vom eingedickten Elektrolyt eingenommene Raum (zwischen Zinkbecher und dem mit einem Gemisch aus Braunstein, Ruß und Graphit umgebenen Kohlestift) zur Unterbringung zusätzlicher Depolarisationsmasse ausgenutzt. Die Elektrolytfüßigkeit wird bei geringem Raumbedarf von einem saugfähigen Papier aufgenommen, das um den Depolarisator gewickelt ist. Dadurch wird das aktive Volumen gegenüber einer klassischen M. vergrößert und eine höhere Strombelastbarkeit erzielt.

Zur Erhöhung der Lagerfähigkeit und als Schutz gegen Austrocknen oder gegen Aufquellen und Auslaufen von Elektrolytfüßigkeit wendet man die **Leak-Proof-Konstruktion** an. Dabei wird die M. von außen mit einer Isolation aus wasser- und elektrolytabstoßendem Spezialpapier umgeben und luftdicht mit Stahlblech ummantelt.

M.n werden verwendet für Beleuchtungszwecke in tragbaren Leuchten und Blitzlichtgeräten und zur Speisung von Motoren in batteriebetriebenen Tonband- und Diktiergeräten sowie in Rasierapparaten und in Spielzeugen, ferner dienen M.n zur Stromerzeugung in einer großen Anzahl von Transistorgeräten.

Monsun, eine jahreszeitlich wechselnde großräumige Luftströmung, besonders in Indien und Ostasien. Der **Sommermonsun** weht vom Meer zum Land und bringt Bewölkung, Niederschlag und Abkühlung; der **Wintermonsun** führt trockene, kalte Luft vom Land zum Meer. Hervorgerufen werden die M.e dadurch, daß sich die Kontinente im Sommer stärker erwärmen, im Winter stärker abkühlen als die angrenzenden Meeresräume, wodurch ein wechselndes Luftdruckgefälle entsteht.

Lit. \rightarrow Meteorologie.

Montagebauweise, eine industrielle Bauweise, bei der vorgefertigte Bauelemente (Stahlbetonfertigteile oder zugerichtete Konstruktionsglieder aus Stahl, auch fertig ausgebaute Raumzellen) auf der Baustelle montiert werden. Die M. setzt entsprechende Grundrisse und Gebäudeformen voraus, die mit möglichst in der Masse gleich schweren oder nur wenig voneinander abweichenden Bauelementen aus dem Baukasten (\rightarrow Baukastensystem) errichtet werden können. Größe und Masse der Fertigteile sind abhängig von der Leistungs- und Tragfähigkeit der Montage- und Hubgeräte wie auch der Transportmittel.

Die Montage von überschweren Fertigteilen (über 75 Mp) ist aus bautechnologischen und verkehrstechnischen Gründen nicht vorteilhaft.

Die Vorteile der M. bestehen in der Steigerung der Arbeitsproduktivität, der Verkürzung der Bauzeiten, der Verringerung des Arbeitskräfteaufwandes und der geringeren Baufeuchtigkeit. Die Montage ist auch bei mittlerem Frost und ungünstiger Witterung möglich. Im \rightarrow Industriebau ermöglicht die M. die Koordinierung der Rohbau- und Ausrüstungsmontage.

Lit. Achenbach: Der Montagebau (2. Aufl. Berlin 1961); Mökk: Montagebau im Stahlbeton, Bd 2 (dtsh Berlin 1967).

montan..., bergbaulich, Bergwerks...

Montansalpeter, \rightarrow Stickstoffdüngemittel.

Montmorillonit, ein Tonmineral, Al-Mg-Hydrosilikat, monoklin. M. findet sich 1) als Ver-

Monzonit

witterungsmineral basischer Eruptivgesteine in vielen, vor allem tropischen Böden und besonders reichlich in den durch ihre Aufsaugfähigkeit bekannten „Erden“ Bentonit (Fullererde, Walkerde, Smektit), Bolus; 2) als Hauptmineral vieler Tone und Böden, z. B. in Diluvialtonen Mecklenburgs, im Geschiebemergel; auch in Sedimenten des Atlantischen Ozeans; 3) als Sekundärbildungen in Hohlräumen und Klüften. Über die Verwendung von M. → Bentonit.

Monzonit, ein Tiefengestein, → Syenit.

Moorelicht, → Leuchtröhre.

Moped [Abk. aus Motor und Pedal], ein → Fahrrad, dessen Rahmen im Gegensatz zum Fahrrad mit Hilfsmotor für die Anordnung des Motors besonders ausgebildet und den erhöhten Beanspruchungen des Motorbetriebes angepaßt ist. Der Rahmen ist meist gegen beide Räder gefedert abgestützt. Der Motor (Hubraum meist vom Gesetzgeber begrenzt) ist im Gegensatz zum Fahrrad mit Hilfsmotor organisch eingebaut. Verwendet werden fast ausschließlich fahrtwindgekühlte, zwischen den Rädern im Rahmen angeordnete Zweitakt-Ottomotoren bis zu 50 cm³ Hubraum. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt etwa 40 bis 50 km/h. Die Betätigung der Gangschaltung (Fußschaltung), der Kupplung sowie der Bremsen erfolgt wie beim Motorrad. Einige M.s sind mit einer Fliehkraftanfahrkupplung ausgerüstet. Das Anwerfen des Motors erfolgt mittels Tretkurbel oder bei modernen M.s mittels → Kickstarters (**Mokick**).

Lit. Graupner u. Kadner: M. und Kleinroller (4. Aufl. Berlin 1965).

Moräne, der von Gletschern mitgeführte oder während ihrer Bewegung und nach ihrer Abschmelzung abgelagerte Gesteinsschutt. Von den Talhängen auf den Gletscher geratener Schutt bildet zunächst eine **Oberflächenmoräne**. Gelangt er infolge der Gletscherbewegung ins Eis, so entsteht eine **Innenmoräne**, deren Bestandteile sich durch Reibung abschleifen und runden. Zu beiden Seiten des Gletschers bilden sich **Seiten-** oder **Randmoränen**. Vereinigen sich zwei Gletscher, so fließen die inneren Seitenmoränen zu einer **Mittelmoräne** zusammen. Seiten- und Mittelmoräne setzen sich aus eckigen, scharfkantigen Gesteinstrümmern zusammen. Die **Grundmoräne** zwischen Eis und Gletscheruntergrund besteht aus Grundschutt, der durch das Eis vom Untergrund losgelöst und mitgeführt wurde, und aus von oben eingedungenem Material. Dieses Material bleibt beim Abschmelzen des Gletschers flächenhaft ausgebreitet (ungeschichtet) liegen. Vor dem Stirnrand eines Gletschers breiten sich als bogenförmige Wälle die **Stirn-** oder **Endmoränen** aus. In ehemals vereisten Gebieten bilden die vom abgeschmolzenen Eis zurückgelassenen M.n häufig charakteristische Moränenlandschaften mit Moränenseen, Drumlins (ovale, tropfenförmige Hügel), Osern (Wallberge), Findlingen u. a.

Morganit, eine Varietät des → Berylls.

Morion, eine Varietät des → Quarzes.

Morphin, **Morphium**, das Hauptalkaloid des Opiums, in dem es bis zu 20 % enthalten sein kann. M. bildet geruchlose, bitter schmeckende, glänzende Nadeln oder rhombische Prismen. M. wird aus Opium oder trockenen Mohnkapseln gewonnen. Die Synthese gelang 1952. M. ist ein suchterregendes narkotisches Gift, das in kleinen Dosen (0,01 bis 0,02 g) schmerzlindernd, in größeren durch Lähmung des Zentralnervensystems tödlich wirkt. Durch Azetylierung, d. h. Einführung von zwei Essigsäureresten, entsteht **Heroin** (Diazetylmorphin), dessen Wirkung noch stärker als die des M.s ist.

Morsealphabet, ein von dem nordamerikanischen Erfinder S. Morse geschaffener Code aus Punkten und Strichen zur Übermittlung telegrafischer Nachrichten, → Telegrafie.

Buchstaben

a . -	j . - - -	t -
ä . - -	k - -	u - -
b - - -	l - - -	ü - - -
c - - -	m - -	v - - -
ch - - - -	n - -	w - - -
d - -	o - - -	x - - -
e .	ö - - -	y - - -
f - - -	p - - -	z - - -
g - - -	q - - -	ä - - -
h - - -	r - - -	é - - -
i - -	s - -	ñ - - -

Ziffern

1 - - - -	5 - - - -	9 - - - -
2 - - - -	6 - - - -	0 - - - -
3 - - - -	7 - - - -	
4 - - - -	8 - - - -	

Zeichen

Punkt . - - - -	Klammer - - - - -
Komma - - - - -	Trennung - - - - -
Doppelpunkt - - - - -	Schlußkreuz - - - - -
Fragezeichen - - - - -	Bruchstrich - - - - -
Bindestrich - - - - -	Notruf: SOS - - - - -

Morsekegel, → Kegel 2).

Morsealphabet, → Telegrafie.

Mörtel, eine Mischung aus Sand bis zur Korngröße von etwa 2 mm, Bindemitteln (hydraulischen oder nichthydraulischen) und Wasser, die nach einiger Zeit erhärtet. Je nach dem Bindemittel unterscheidet man a) **Luftmörtel**, der nur an der Luft erhärtet, vor allem M. mit Weiß- und Dolomitkalk; b) **Wassermörtel** (hydraulischer M.), der nicht nur an der Luft, sondern auch unter Wasser erhärtet, vor allem M. mit Zement oder hydraulischem Kalk.

M. wird verwendet zum Vermauern von Ziegeln und Steinen (**Mauermörtel**), zum Verputzen von Wänden und Decken (**Putzmörtel**) und zur Herstellung von Estrich. Je nach Verwendungszweck wird der M. in verschiedenem Mischungsverhältnis hergestellt. Als gewöhnlicher Mauer- und als Putzmörtel dient vor allem (nichthydraulischer) **Kalkmörtel**, als Mauermörtel bei stark beanspruchten Baukonstruktionen **Zementmörtel**. **Schamottmörtel** besteht aus Schamottmehl und feuerfestem Ton und wird als Mauermörtel beim Bau von Feuerungen verwendet.

Mörtelspritzverfahren, → Torkretverfahren.

Moseleysches Gesetz, ein von dem englischen Physiker Moseley entdecktes Gesetz der Röntgenspektren, → Röntgenstrahlung.

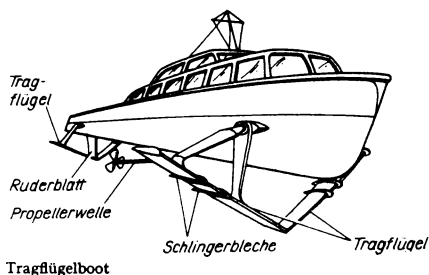
Mößbauer-Effekt, die Kernresonanzabsorption mit eingefrorenem Rückstoß, bei dem nach einer von R. Mößbauer 1956 angegebenen Methode die durch Einflüsse der Umgebung hervorgerufenen geringsten Abweichungen von Energiezuständen in Atomkernen gemessen werden können. Ein energetisch angeregter Atomkern kann unter Aussendung energiereicher Gammastrahlung der Frequenz ν in einen nicht oder weniger angeregten Zustand übergehen. Da bei der Aussendung von Strahlung sowohl der Energiesatz als auch der Impulsatz erhalten bleiben müssen, erfährt der aussendende Atomkern einen Rückstoß, dessen Energie der elektromagnetischen Strahlung verlorengeht. Die Strahlung ist daher nicht in der Lage, einen gleichartigen Kern in gleicher Weise anzuregen, weil keine Resonanz eintreten kann. Mößbauers Entdeckung besteht darin, daß der Energieverlust der Strahlung außerordentlich klein wird, wenn eine Vielzahl von Atomkernen den Rückstoß aufnimmt. Den dann noch vorliegenden Energieverlust kann man wegen des Doppler-Effektes durch Bewegung des strahlenden Atomkernes ausgleichen. Man erhält dann eine Kernresonanzabsorption, deren Aussagen für die Strukturklärung bei chemischen Verbindungen und bei Fragen der theoretischen Physik von Bedeutung sind.

Moto, nicht zulässiges Kurzz. für Tonne/Monat, fälschlich auch Monatstonne genannt.

Motor, im weiteren Sinne jede Maschine, die durch Umsetzung von Energie eine mechanische Antriebskraft erzeugt; im engeren Sinn nur der Verbrennungsmotor und der Elektromotor.

Motorboot, ein durch einen Verbrennungsmotor angetriebenes Boot. Je nach dem Verwendungszweck besteht der Rumpf des M.s aus Holz, Leichtmetall, Kunststoff, Stahl oder ist in Kompositbauweise, d. h. aus zwei Werkstoffen kombiniert, gebaut. Es gibt sowohl offene M.e als auch Kajütboote. Auch die Rumpfform hängt vor allem vom Verwendungszweck ab. Die meisten der nicht sportlichen Zwecken dienenden M.e sind **Verdrängungs-** oder **Rundspantboote**, d. h., das Wasser wird durch den Bug geteilt und verdrängt, d. h. unter Bildung einer Bugwelle zur Seite geschoben. **Touren- und Reisemotorboote** (30 bis 50 km/h Geschwindigkeit) sind oft **Wellenbinder**, d. h., sie haben im Vorschiff eine hohle Spantform (V-Boden-Boot), welche die Bugwelle zusammenhält (bindet), so daß das Boot gleichsam auf ihr dahinfährt und das Vorschiff sich leicht aus dem Wasser heraushebt. Im Mittel- und Hinterteil weist der Wellenbinder Knickspantform auf, d. h., er hat gerade Seitenwände und einen flachen, etwas V-förmigen Boden. Auch die **Rennsportboote** (Runaboats, Halbbrenner) sind Wellenbinder, haben aber meist kleine Längsstufen. Die eigentlichen **Rennboote** werden als Gleitboote oder bevorzugt als Dreipunktboote gebaut, die beide einen flachen Boden haben. Beim **Gleitboot** entsteht bei einer bestimmten Geschwindigkeit unter dem Boden durch die darunterströmende Luft Schaum, auf dem das Gleitboot besser gleitet als im Wasser selbst. Hierdurch läßt sich eine sehr hohe Geschwindigkeit erreichen, die man oft durch Einbau von Quer- oder Längsstufen noch steigert (Stufenboot, bis zu 140 km/h). Das **Dreipunktboot** gleitet nur auf den Hinterkanten der vorn seitlich angebrachten Tatzten und auf dem Propeller, da ein Teil seiner Masse durch die unter dem Mittelteil hindurchströmende Luft getragen wird (Rekordgeschwindigkeit über 400 km/h).

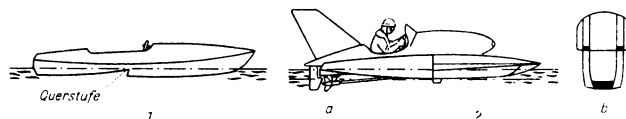
Das **Tragflügelboot** oder **Tragflächenboot** (Tafel 13) ist ein M. oder ein kleines Motorschiff, unter dessen Rumpf querschiffs zwei oder mehr Tragflügel angebracht sind. In Fahrt hebt der von der Umströmung der Flügel herrührende dynamische Auftrieb den Bootsrumpf völlig aus dem Wasser heraus. Tragflügelboote erreichen daher eine sehr hohe Geschwindigkeit (bis über 100 km/h) bei relativ geringer Motorleistung, haben eine große Stabilität und können auf Grund ihrer geringen Wellenbildung auch Flüsse und Kanäle mit voller Geschwindigkeit befahren. Man verwendet sie vor allem als Binnenfahrgast-schiffe (Wasseromnibus), ferner im Zoll- und Polizeidienst.



Bei den meisten M.en ist der Motor im Rumpf angeordnet, und seine Energie wird durch eine schräg liegende Welle auf einen Propeller am Heck übertragen. Rennboote und Sturmboote, häufig auch Motorjachten haben als Antrieb

einen oder auch mehrere Außenbordmotoren. In Erprobung ist der Antrieb durch → Brennstoffzellen.

Gelenkt werden M.e mit innen liegendem Motor mittels eines Handrades (wie beim Kraftwagen, **Autoboot**) oder eines Steuerrades (wie bei Schiffen), dessen Bewegungen durch Seilzüge auf ein Ruder übertragen werden. Außenbord-M.e lenkt man durch Schwenken des Motors einschließlich des Propellers, also ohne Ruderblatt. Auch hierfür wird heute ein Handrad mit Seilzugübertragung verwendet.



1 Motorboot als Stufenboot. 2 Dreipunktboot: a Seitenansicht (die obere Waagerechte stellt die Wasserlinie in Ruhelage dar, die untere Waagerechte die Wasserlinie in Fahrt); b Ansicht von unten (die drei tragenden Punkte sind schwarz gekennzeichnet)

Motordrucker, ein → Bremslüfter.

Motorgenerator, ein → Umformer.

Motorgleiter, → Segelflugzeug.

Motorgüterschiff, **Selbstfahrer**, im Unterschied zum Lastkahn, Schubleichter und anderen nichtangetriebenen Binnenlastschiffen ein Güterschiff mit Antrieb durch einen Dieselmotor. M.e verdrängen zusammen mit Schubverbänden immer mehr den Schleppzug.

Motorkippwagen, ein Großraumwagen mit kippbarem Wagenkasten für den Förder- und Abraumbetrieb in Tagebauen. Seine Achsen (meist vier) werden durch Elektromotoren angetrieben, die von der führenden Lokomotive gespeist und gesteuert werden. Lokomotive und ein oder zwei M. bilden das **Gespann**, bei dem Reibungslast und Zugkraft gegenüber der Lok allein verdoppelt bzw. verdreifacht werden.

Motorrad, ein → Krafttrad, das mit Knieschluß im Reitsitz gefahren wird. Grundlage bildet der Rahmen als Träger auf zwei Stützpunkten (Vordergabel und Hinterachse oder Hinterradfedern). Er besteht meist aus Stahlrohr, seltener aus offenen Stahlblechprofilen; neuerdings auch Kasten- oder Ovalrohrblechprofilausführung von großem Querschnitt und geringer Wandstärke. Der Rahmen trägt den Kraftstofftank und den meist als Sitzbank ausgebildeten Fahrer- und Soziussitz. Im Steuerkopf des Rahmens ist der Lenkschaft der Vordergabel zur Lenkung des M.es schwenkbar gelagert. Diese führt Vorderachse und -rad und ist ausgebildet als Schwinggabel (das Rad ist von zwei Schwinghebeln am unteren Ende der beiden Gabelscheiden geführt und gegen diese abgefedert) oder als Teleskopgabel (die oberen Gabelrohre bilden die Führung für die in ihnen geführten und abgefederten Gabelholme, die durch die Vorderachse verbunden sind). Die Hinterachse ist nur noch sehr selten starr im Rahmen gelagert, meist ist sie in Teleskopführungen oder in einer Schwingen aufgehängt und gegen den Rahmen abgefedert (Hinterradfedern). Die luftbereiften (Schlauchreifen) Drahtspeichenräder sind auf den Achsen kugelgelagert. Im Rahmen befindet sich der Antriebsblock (Motor, Kupplung, Wechselgetriebe). Der Motor (luftgekühlter Zwei- oder Viertakt-Ottomotor) hat meist einen oder zwei Zylinder: ein Zylinder senkrecht oder leicht nach vorn geneigt stehend, selten liegend, zwei Zylinder als Boxermotor (gegenüberliegend) oder als Twin (nebeneinanderstehend), selten V-förmig. Motorradmotoren haben eine hohe Literleistung und Höchst Drehzahlen bis zu 9000 U/min, Rennmotoren bis zu 10000 U/min. Nach dem Motorhubvolumen erfolgt die Einteilung (und Besteue-

rung) nach Hubraumklassen. Die wichtigsten Hubraumklassen sind 125, 175, 250, 350, seltener sind 500, 750 cm³ und darüber.

Der Motor treibt das Wechselgetriebe über die mit Reibbelägen versehene Ein- oder Mehrscheiben-Kupplung, die zur Trennung des Kraftflusses dient; ihre Betätigung erfolgt über Bowdenzug durch Handhebel am linken Ende des Lenkers. Bei einigen Motorrollern ist die Betätigung der Kupplung mit der Betätigung der Gangschaltung gekoppelt. Beim Bewegen des Fußschalthebels wird zuerst die Kupplung gelöst und dann der Gang eingelegt. Beim Zurückführen des Schalthebels in die Ruhestellung wird wieder eingekuppelt. Bei einigen Motorrollern werden auch Fliehkraftantriebskupplungen verwendet. Das Wechselgetriebe mit 4 und 5, bei Rennmotorrollern auch 6 bis 9 Gängen besteht aus Zahnradpaaren, die durch den Schalthebel (meist Fuß-, nur selten noch Handschaltung) zum Eingriff oder zur Wirkung gebracht werden. Durch die verschiedenen Übersetzungen ist eine Anpassung an die sehr unterschiedlichen Belastungen möglich, so daß der Motor immer in einem günstigen Drehzahl- und Drehmomentbereich laufen kann. Der Antrieb auf das Hinterrad erfolgt über eine Kette oder (bei Kardantrieb) über Gelenkwelle und Kegelradpaar. In Hinter- und Vorderrad befinden sich je eine Innenbackenbremse. Die Vorderradbremse wird durch Bremshebel über Bowdenzug am rechten Ende des Lenkers betätigt, die Betätigung der Hinterradbremse oder der kombinierten Vorder- und Hinterradbremse erfolgt durch Fußhebel mechanisch, selten hydraulisch. Die Lichtmaschine sitzt entweder auf dem freien Ende der Motorkurbelwelle oder ist außen am Motorgehäuse angeordnet, wo sie über Zahnrad von der Kurbelwelle angetrieben wird.

Das Anlassen des Motors geschieht durch (notfalls mehrmaliges) Durchtreten des Anwurfhebels (→ Kickstarter), wodurch über das Getriebe die Kurbelwelle durchgedreht wird und der Motor bei eingeschalteter Zündung anspringt. Moderne Motorroller sind mit einem elektrischen Anlasser ausgerüstet.

Die Motorschmierung ist beim Viertaktmotorradmotor heute eine Druckumlaufschmierung: eine in der Ölwanne angeordnete Zahnradpumpe saugt über ein Filter das Schmieröl an und drückt es zu den einzelnen Lager- und den übrigen Schmierstellen. Zweitakter haben Mischschmierung. Der Zufluß des Kraftstoffs vom Tank zum Vergaser wird durch das Gefälle bewirkt. Die Regelung der Kraftstoff-Luft-Gemischmenge geschieht durch einen Gasschieber im Vergaser, der über Bowdenzug durch einen Drehgriff am Lenker betätigt wird (Drehgas). Die Verstellung des Zündzeitpunktes in Abhängigkeit von der Motordrehzahl geschieht meist selbsttätig durch Fliehkewichte.

Motorroller werden oft mit → Seitenwagen (Beiwagen) gefahren; aus dem zweirädrigen einspurigen Balancefahrzeug ist damit ein unsymmetrisches Dreiradfahrzeug geworden.

Lit. Heise: Kraftroller (Leipzig 1955); Rauch: Handb. für den Motorradfahrer (6. Aufl. Berlin 1959); Seyferth: Mein M. (2. Aufl. Berlin 1962); Schnitzlein: Motorroller — Motorroller (2. Aufl. Berlin 1963).

Motorroller, ein zweiseitiges → Krafttrad, das ohne Knieschluß im Sesselsitz gefahren wird. Die M. werden von einem Zwei- oder Viertakt-Ottomotor (Hubraum 50 bis 250 cm³) angetrieben, der luftgekühlt ist (meist mit Gebläse, seltener durch Fahrtwind). Das Anwerfen des Motors erfolgt mittels → Kickstarters, bei einigen Typen durch elektrischen Anlasser. Sie besitzen vorwiegend einen freien Durchstieg für den Fahrer und sind weitgehend verkleidet, um Fahrer und Sozius vor Beschmutzung vom Triebwerk und von der Fahrbahn zu schützen. Die Räder sind mit 8-,

10-, 12-, seltener mit 14- oder 16-Zoll-Bereifung im allgemeinen kleiner als bei Motorrollern, das Verhältnis Radstand zu Raddurchmesser ist dagegen größer.

Eine Weiterentwicklung des M.s ist der Kabinenroller.

Lit. Graupner u. Kadner: Moped und Kleinroller (4. Aufl. Berlin 1965); → Motorrad.

Motorschiff, abg. MS, ein Schiff, dessen Fortbewegungsmittel (meist Fest- oder Verstellpropeller, selten Voith-Schneider-Propeller) durch einen oder mehrere Dieselmotoren, in einigen Fällen in Verbindung mit Gasturbinen (**Gasturbinen-M.**, abg. GTMS), angetrieben wird.

Motorschleppen, ein durch einen Verbrennungsmotor angetriebenes, meist mit einer Kabine versehenes Kufenfahrzeug. Der **Propellerschleppen** wird von einem hochgesetzten Schubpropeller angetrieben, die Lenkung erfolgt mit den Vorderkufen. Der **Gleiskettenschleppen** ist vorn mit lenkbaren Kufen und hinten mit Gleisketten ausgerüstet. M. werden in verschneiten oder vereisten Gegenden (z. B. Sowjetunion, Kanada) als Verbindungsfahrzeuge u. dgl. eingesetzt.

Motorwagen, ein Schienenfahrzeug mit eigenem Antrieb und großer Nutzfläche ohne Führerstand, nur zusammen mit → Triebwagen oder → Steuerwagen verwendbar.

Motorwalze, → Straßenwalze.

Motorzähler, ein → Elektrizitätszähler.

MOZ, Abk. für Motoroktanzahl, → Oktanzahl.

mp, Kurzz. für Millipond, → Pond.

mP, Kurzz. für Millipoise, → Poise.

Mp, Kurzz. für Megapond, → Pond.

MP, Kurzz. für Megapoise, → Poise.

Mpc, Kurzz. für Megaparsec, → Parsec.

mph, Kurzz. für Milliphot, → Phot.

MPi, Abk. für → Maschinenpistole.

mR, Kurzz. für Milliröntgen, → Röntgen.

mmem, Kurzz. für Millirem, → Rem.

ms, Kurzz. für Millisekunde, → Sekunde.

MS, Abk. für → Motorschiff.

MSH, Abk. für Melanophorenhormon, → Hormone.

mSt, 1) Kurzz. für Millistat, → Stat. 2) Kurzz. für Millistokes, → Stokes.

mT, Kurzz. für Millitesla, → Tesla.

Mt, Kurzz. für Megatonne, → Tonne.

MT, Abk. für Motortankschiff, → Tankschiff.

mtex, Kurzz. für Millitex, → Tex-System.

MTI, → Radar, Abschn. 1f.

mu, → atomare Masseinheit 1).

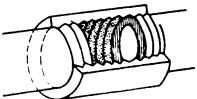
MUF, → Kurzwellen.

Muffe, ein Verbindungselement mit oder ohne Gewinde für Rohrleitungen. M.n erlauben eine geringe Winkelbeweglichkeit der Rohrleitung. Sie werden vorwiegend für Gas- und Wasserleitungen aus Grauguß verwendet. Die Abdichtung der M. erfolgt durch Hanf, Gummi, Blei. (Abb.)

Muffelfarben, → keramische Farben.

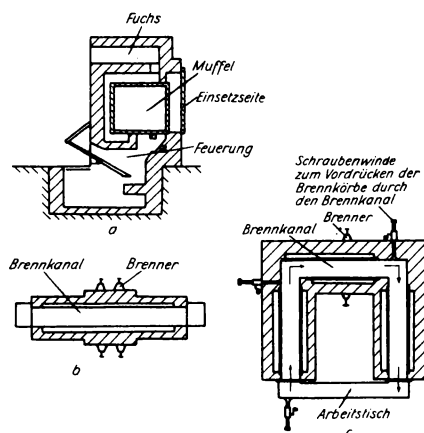
Muffelofen, eine heizbare Reaktionsapparatur zum Brennen, Härten, Schmelzen, Glühen oder Trocknen von Stoffen in abgeschlossenen, vor unmittelbarer Einwirkung der Feuer gaseschützten Gefäßen, den Muffeln. Diese sind feuerfeste, kastenartige Behälter aus Gußeisen, Schamotte oder gut wärmeleitenden Siliziumkarbid- (Karbörundum-) Platten. Die Wärmeerzeugung geschieht durch Verbrennen von Gas, Heizöl, Kohle oder durch Umwandlung elektrischer Energie in Heizwiderständen, z. B. Siliziumstäben. Die Muffeln können stehend oder liegend (bei Industrieöfen oft mehrere hundert Muffeln) ausgeführt sein, bei stehenden Muffeln ist ein kontinuierlicher Betrieb möglich.

Muffelöfen werden in der keramischen Industrie, der Metallurgie und im Labor verwendet. 1) In der keramischen Industrie dient der M. zum Brennen von Kunstkeramik, Majolika, Fayence, Steingut und Spezialerzeugnissen,



Gewindemuffe(aufgeschnitten)

besonders jedoch zum Einbrennen von Farben und Dekorationen. Beim periodisch arbeitenden M. (Einzelmufl) ist die Mufl mit Zwischenraum in eine Schamotteummantelung eingebaut. Die Zugmufl, die dem \rightarrow Tunnelofen ähnelt, und die Fürbringermufl mit gewinkeltem Brennkanal ermöglichen kontinuierlichen Betrieb. Die Ware wird bei Fürbringermufln in Brennkörben, die auf Porzellankugeln laufen, bei Zugmufln auf Wagen durch den Brennkanal geschoben, wobei die Temperaturen niedriger als die Glattbrenntemperaturen liegen. Der mittlere Teil der Mufl (Feuerzone) wird ständig auf der geforderten Temperatur gehalten, während die Rauchgase den Einsatz vorwärmen und die Ware in der Kühlzone ihre gespeicherte Wärme wieder abgibt. Bei Anwendung höherer Temperaturen wird der M. auch als Scharffeuermufl bezeichnet.



Mufllofen: a Einzelmufl (Querschnitt), b Zugmufl (Grundriß), c Fürbringermufl (Grundriß)

2) In der Metallurgie dient der M. zum Härten von Metallgegenständen (Muflhärteofen) sowie mit Regenerativfeuerung zur Erzverhüttung, z. B. zur Verhüttung von Zinkerzen (Zinkmufllofen).

3) Im Labor werden kleine Muflöfen zum Erhitzen von Tiegel, Schiffchen u. ä. verwendet. **Mühle**, 1) eine Maschine zum Feinzerkleinern fester Stoffe. Die wichtigsten Typen sind Walzenmühle (\rightarrow Walzenstuhl), Hammermühle (\rightarrow Hammerbrecher), Schlagprallmühle (\rightarrow Schlagprallbrecher), \rightarrow Schlägermühle, \rightarrow Kolloidmühle, \rightarrow Kollergang, \rightarrow Wälzmühle, \rightarrow Strahlmühle, \rightarrow Trommelmühle und \rightarrow Schwingmühle.

2) ein Betrieb, in dem Stoffe nicht zermahlen, sondern nur gröber zerteilt (z. B. Schneidmühle, Sägmühle) oder ausgepreßt werden (z. B. Ölmühle).

Mukoide, \rightarrow Proteide.

Mulde, \rightarrow Falte.

Müller-Kühne-Verfahren, \rightarrow Schwefelsäure.

Mullit, hochfeuer- und säurefestes Aluminosilikat $3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ SiO}_2$. M. bildet sich bei starkem Erhitzen von Sillimanit, Kyanit, Andalusit und Tonmineralen und kommt in Porzellan und anderen höhergebrannten keramischen Erzeugnissen und feuerfesten Baustoffen vor. In der Natur findet sich M. in Basalten.

Multiklonen, \rightarrow Zyklon.

Multimomentverfahren, abg. MM-Verfahren, in der Arbeitsnormung bei Zeitstudien ein Stichprobenverfahren, das der Ermittlung des prozentualen Anteils bestimmter Zeiten (z. B.

effektive Laufzeit, Stillstands- und Wartezeit) im Gesamtzeitfonds dient. Mit dem M. läßt sich eine beliebige Genauigkeit und Sicherheit des Ergebnisses erreichen; dabei hängt die Genauigkeit von der berechenbaren jeweils erforderlichen Anzahl der Beobachtungen ab. Die Stichprobe beim M. besteht aus einer mehr oder weniger großen Zahl zufällig vorgenommener Beobachtungen des Zustandes der einzelnen Maschinen jeweils zu einem bestimmten Zeitpunkt (Moment). Der jeweilige festgestellte Zustand ist in einer vorbereiteten Stichliste festzuhalten. Das Ergebnis dieser Beobachtungen ist ein Schätzwert des tatsächlichen Anteils dieser Zeitart an der Gesamtzeit. Das M. ist auch geeignet, die Anteile aller der Zeit proportionalen Merkmale (z. B. bestimmte Kosten) statistisch zu ermitteln.

Lit. Tschöpe u. Trehm: M. im Bauwesen (Berlin 1967).

Multiplerts, \rightarrow Feinstruktur.

Multiplikator, \rightarrow Sekundäremissionsvervielfacher.

Multiplikation, eine der Grundrechenarten, Zeichen \cdot oder \times ; in der Elementarmathematik das Malnehmen (Multiplizieren), z. B. $5 \cdot 3 = 15$, $a \cdot b = c$. Die Zahl a nennt man **Multiplikand**, die Zahl b **Multiplikator**, das Ergebnis c heißt **Produkt**, a und b nennt man auch die **Faktoren** des Produktes. Die M. ist ein Spezialfall der Addition, nämlich eine Addition gleicher Summanden: $5 \cdot 3 = 5 + 5 + 5$. Für die M. gelten das Kommutativ-, das Assoziativ- und das Distributivgesetz. Die aus M. durch Umkehrung entstehende Rechenart ist die \rightarrow Division. — Die M. ist in der Mathematik nicht nur auf die Verknüpfung von Zahlengrößen beschränkt. Auch in anderen Bereichen erklärt man eine M. (\rightarrow Gruppe, \rightarrow Körper, \rightarrow Matrix, \rightarrow Vektor).

Multiplikationseffekt, ein \rightarrow lichtelektrischer Effekt.

Multipol, \rightarrow Ladung.

Multivibrator, eine elektronische Schaltung aus zwei Röhren oder Transistoren, die infolge von Rückkopplungsvorgängen Rechteckschwingungen erzeugt, \rightarrow Flipflop.

Mundbeatmungsgerät, \rightarrow Beatmungsgeräte.

Mundloch, der Eingang eines Stollens.

Munition, Schießbedarf für Waffen aller Art, z. B. Patronen, Granaten, Zünder, Ladungen, Bomben, Raketen, Minen u. a.

Muntzmetall, eine schmelzbare Kupfer-Zink-Legierung mit 40 % Zink, bis 0,8 % Blei, Rest Kupfer (Schmiedemessing).

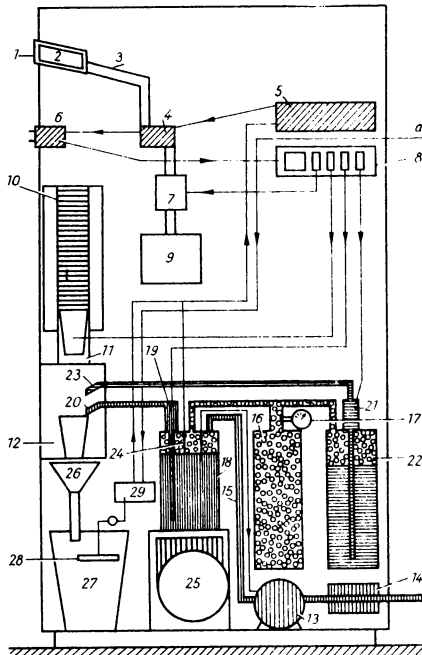
Münzautomat, ein Gerät, das nach Einwerfen eines bestimmten Münzbetrages Waren ausgibt, die im Gehäuse verkaufsbereit gestapelt sind (Warenverkaufs-, Getränkeautomat), eine bestimmte Dienstleistung ausführt (Dienstleistungsautomat) oder einen Spielablauf freigibt (Unterhaltungsspielautomat).

Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man 1) **Warenverkaufsautomaten**, z. B. Stapel-Schacht-, Gefach-, Fallklappenautomaten; 2) **Getränkeautomaten**, z. B. Heiß-, Kaltgetränkeautomaten, Milch-Verkaufsautomaten; 3) **Dienstleistungsautomaten**, z. B. Zeitungs-, Wertzeichen- und Kartenverkaufsautomaten, Geldwechselautomaten, \rightarrow Münzfernsprecher, Fahrkarten-, Gepäckaufbewahrungsautomaten, Leerflaschen-Rücknahmeautomaten mit Pfandgeldrückgabe, Fahrradsicherungsautomaten, Türverschlusssautomaten, Benzin-Verkaufsautomaten und andere; 4) **Unterhaltungsspielautomaten**, z. B. Musikboxen (Schallplatten-Spielautomaten mit elektronischer Tonwiedergabe), Fußball-, Schieß-, Kraftmeß-, Reaktionstestautomaten. M.en können mit Wechselgeldrückgabeeinrichtung versehen sein.

Nach dem Funktionsablauf können M.en eingeteilt werden in halb- und vollautomatische Geräte. Bei **halbautomatischen M.en** erfolgt die

Warenausgabe, Einleitung der Dienstleistung oder Freigabe des Spielablaufes durch Betätigung eines Zugkastens, einer Zugstange oder eines Hebels, durch Öffnen einer Gefachklappe oder Drücken einer Taste, bei vollautomatischen M.en automatisch nach Einwerfen des geforderten Münzbetrages.

Nach dem Konstruktionsprinzip unterscheidet man mechanische und elektromechanische M.en. Bei mechanischen M.en wird die Münze nach Passieren des Einwurfschlitzes von einem Münzprüfer auf Durchmesser, Dicke, Masse und Prägerandhöhe geprüft. Ein Magnet hält Fälschate aus Eisen zurück. Die angenommene Münze läuft oder fällt in eine Tasche oder Aussparung der Auslösevorrichtung, in der sie beim Betätigen des Auslösemechanismus von einem Sperrhebel am Umfang abgetastet wird. Am Ende seines Weges gibt der Sperrhebel den Sperrmechanismus zur Warenausgabe, Einleitung der Dienstleistung oder Freigabe des Spielablaufes frei. Bei elektromechanischen M.en betätigt die vom Münzprüfer angenommene Münze durch ihre Masse einen Kontaktsatz oder Mikroschalter und gibt einen Impuls an den Ausgabemechanismus (vollautomatische Funktion) bzw. an ein Relais, das einen Stromkreis bis zu der vom Kunden zu betätigenden Wähltaste schließt (halbautomatische Funktion). Die Warenausgabe, Einleitung der Dienstleistung oder Freigabe des Spielablaufes erfolgt durch Auslösung eines Zugmagneten oder durch Anlaufen eines Elektromotors. Bei Forderung mehrerer Münzen gibt jede der den Münzablauf passierenden Münzen einen Impuls an einen auf den Kaufpreis eingestellten Impulzzähler. Dieser löst nach Durchlauf der geforderten Münzenanzahl einen Auslösekontakt oder ein Steuerrelais aus.



Funktionsschema eines Kaltgetränkautomaten. a Stromzuführung; Bedeutung von 1 bis 29 siehe Text

Funktionsschema eines Kaltgetränkautomaten. Die Münze wird in den Münzeinwurf 1 gesteckt, durchläuft den Münzprüfer 2 und die Münzrinne 3 und schließt den Münzkontakt 4. Dieser schließt über den elektrischen

Stromkreis 5 den Stromkreis bis zur Getränkeauswähltaste 6. Die Münze läuft nun in den Münzstapler 7. Durch Betätigen der Getränkeauswähltaste durch den Kunden wird ein Impuls an den Kontaktgeber für Programmsteuerung 8 gegeben, worauf das Arbeitsprogramm abläuft. Auf einen Impuls an den Münzstapler hin läuft die Münze aus diesem in die Geldkassette 9. Ein weiterer Impuls an das Bechermagazin 10 bewirkt, daß ein Becher vom Becherstapel gestreift wird und über die Becherzuführung 11 in die Getränkeentnahmekammer 12 fällt. Das mittels Wasserpumpe 13 über einen Wasserfilter 14 durch die Wasserleitung 15 zugeführte Wasser wird mit Kohlendioxid CO₂, das aus einer Druckgasflasche 16 über ein CO₂-Druckreduzierventil 17 zulaßt, im Karbonator 18 versetzt. Das Reduzierventil reguliert den Gasdruck im Karbonator und im Fruchtsaftbehälter. Durch einen anderen Impuls wird das Magnetventil für karbonisiertes Wasser 19 geöffnet und dieses in den Wasseranlauf 20 gefördert. Die Mengendosierung erfolgt mittels Steuernocken der Programmsteuerung. Die Impulse für die beiden Magnetventile folgen kurz aufeinander, so daß sich karbonisiertes Wasser und Fruchtsaft während des Einlaufens in den Getränkebecher mischen. Aus der Getränkeentnahmekammer wird der gefüllte Becher von Hand entnommen. Der Wasserstand im Karbonator wird vom Tauchkontakt 21, der die Wasserpumpe ein- bzw. ausschaltet, reguliert. Wasser- und Fruchtsaftleitung durchlaufen eine den Karbonator umschließende Kühlschlange; die Kühltemperatur wird von einem Thermostat durch Ein- bzw. Ausschalten des Kühlaggregats 22 konstant gehalten. Überlaufende Getränkeflüssigkeit bzw. Schaum fließt durch den Abflußtrichter 23 in den Abflußbehälter 24, dessen Füllstand vom Schwimmer 25 überwacht wird. Dieser schaltet bei Erreichen eines bestimmten Füllstandes des Abflußbehälters über den Überlaufschuttschalter 26 die Stromzuführung ab und setzt damit den M. außer Betrieb.

Münzfernsprecher, ein Fernsprechapparat, der die Verbindung erst nach Münzeinwurf ermöglicht (Münzautomat). Bei Wahlbetrieb wird durch den Münzeinwurf die Amtsleitung freigegeben. Ein bestimmter Schaltzustand der Amtsleitung sperrt bei Gesprächsbeginn die Münzrückgabe. Für den Selbstwählferrverkehr sind Ausführungen von M.n notwendig, bei denen die Gesprächsdauer begrenzt ist. Diese kann durch Nachwerfen von Münzen verlängert werden.

Musa-System, die Anordnung mehrerer Empfangsantennen (meistens Rhombusantennen) und Empfänger. Mittels Phasenschieber in den Zwischenfrequenzverstärkern der Empfänger kann der Erhebungswinkel des Systems (Winkel zwischen vertikaler Hauptstrahlrichtung und Erdoberfläche) bequem variiert werden. Da die vertikale Bündelung eines solchen Systems sehr groß ist, wird das M.S. vorwiegend im Kurzwellenbereich für Einfallswinkelmessungen bei der Erforschung der Wellenausbreitung eingesetzt. Der Aufwand ist beträchtlich.

Muschelkalk, → Trias.

Musivgold, → Zinn.

Muskarin, 2-Methyl-3-hydroxy-5-dimethylaminomethyl-tetrahydrofuran-hydroxymethylat, ein biogenes Amin. M. findet sich als giftige Komponente z. B. im Fliegenpilz. Das Chlorid des M.s wirkt stark blutdrucksenkend und verlangsamt die Herzstätigkeit.

Muskovit, ein → Glimmer.

Mustern, eine Art des → Schabens.

Mutarotation, die Erscheinung, daß die wäßrige Lösung eines Monosaccharids ihren Drehwert innerhalb einer gewissen Zeitspanne verändern kann. Die M. beruht auf der Umlagerung der zyklischen Halbazetaformen des Zuckers.

Mutter, → Schraube.

Mutterkornalkaloide, eine große Anzahl giftiger Alkaloide, die sich von der Lysergsäure oder der Isolysergsäure ableiten. M. werden von dem Fadenpilz *Claviceps purpurea* produziert, der als Parasit verschiedene Gräser, insbesondere Roggen, befällt. Sie wirken gefäßverengend und

uteruskontrahierend. Medizinisch werden M. in der Gynäkologie, ferner bei Basedowscher Krankheit, beschleunigter Herz Tätigkeit und Migräne eingesetzt.

Mutterlauge, die nach der Kristallisation einer Verbindung aus ihrer Lösung zurückbleibende Flüssigkeit, in der im allgemeinen neben den Resten der auskristallisierenden Verbindung deren frühere Verunreinigungen enthalten sind.

Muzine, → Proteide.

mV, Kurzz. für Millivolt, → Volt.

MV, Kurzz. für Megavolt, → Volt.

Mvar, Kurzz. für Megavar, → Var.

mVs, Kurzz. für Millivoltsekunde, → Weber.

mW, Kurzz. für Milliwatt, → Watt.

MW, 1) Kurzz. für Megawatt, → Watt.

2) Abk. für Mittelwasser, → Wasserstand.

mWb, Kurzz. für Milliweber, → Weber.

MWG, Abk. für → Massenwirkungsgesetz.

MWh, Kurzz. für Megawattstunde, → Wattstunde.

mWs, Kurzz. für Milliwattsekunde, → Wattsekunde.

mWS, Kurzz. für → Meter Wassersäule.

Mx, Kurzz. für → Maxwell.

My, **μ**, griech. Buchstabe für m, 1) Kurzz. für → Mikro; 2) Kurzz. für → Mikron; 3) Zeichen für die → Permeabilität.

Mylonite, durch Deformation zermahlene Gesteine. Mylonitisierung tritt häufig an Verwerfungen auf und ist das Ergebnis einer mechanischen Metamorphose.

Mymeter, **μm**, falsche Bezeichnung für → Mikrometer.

Mymy, Kurzz. **μμ**, svw. Millimikron, → Mikron.

Myogen, ein im Muskel enthaltenes Protein.

Myonen, → Mesonen.

Myosin, ein im Muskel enthaltenes Protein.

Myristinsäure, $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$, eine höhere, gesättigte kristalline Fettsäure (F. 54,4 °C), die als Bestandteil fast aller tierischen und pflanzlichen Fette, besonders im Samen Fett von Palmen, weit verbreitet ist. Verwendet wird sie vorwiegend zur Herstellung von Seifen und Rasierkremes sowie für Netz- und Schmiermittel.

n, 1) Kurzz. für → Nano. 2) Zeichen für Neutron.

N, 1) Symbol für → Stickstoff. 2) Kurzz. für → Newton. 3) altes Kurzz. für → Neper. 4) Abk. für Norden. 5) Abk. für Normzustand, → Gas.

Na, Symbol für → Natrium.

Nabe, der Teil eines Rades, einer rotierenden Scheibe u. dgl., mit dem die Verbindung auf der Welle oder Achse erfolgt.

Nacheiszeit, die obere Abteilung des → Quartärs.

Nachformen, genauer **Nachform-Abspannen**, früher als **Kopieren** bezeichnet, das Fertigen von Werkstücken nach einem Bezugsformstück (Modell oder Schablone). Beim N. tastet ein Fühler unter einer Vorschubbewegung das Bezugsformstück ab. Seine Bewegung wird mechanisch z. B. mit dem Pantograph, elektrisch z. B. mit induktiver Steuerung, hydraulisch mittels Steuer- und Arbeitskolben (**Hydrokopieren**), elektrohydraulisch oder photoelektrisch mittels Photozelle auf den Werkzeugträger übertragen. Das Werkstück erhält so die gleiche oder umgekehrte, oft vergrößerte oder verkleinerte Form des Bezugsformstückes. Das N. wird in der Serien- und Massenfertigung besonders beim Drehen, Fräsen, Hobeln, Stoßen und Schleifen angewendet, und zwar mit Hilfe von Nachformeinrichtungen, die

als Zusatz an Werkzeugmaschinen angebracht werden, oder mit speziellen **Nachformmaschinen** (**Kopiermaschinen**).

Nachhall, die Fortwirkung der von einer Schallquelle ausgestrahlten Energie nach dem Aufhören der Schallsendung, hervorgerufen durch Reflexionen des Schalls an Wänden, Gegenständen und Personen, wobei zahlreiche Rückwürfe sehr schnell aufeinanderfolgen (im Unterschied zum → Echo). Die Zeit, in der die mittlere Schallenergiegedichte in einem Raum nach dem plötzlichen Beenden der Schallsendung auf den millionsten Teil abgesunken ist, heißt **Nachhallzeit**. Sie ist proportional dem Volumen und umgekehrt proportional der → äquivalenten Schallabsorptionsfläche des Raumes. Außerdem beeinflusst besonders in großen Räumen und bei hohen Frequenzen die Dämpfung der Schallwellen bei ihrer Ausbreitung in der Luft die Nachhallzeit. Es gibt optimale Nachhallzeiten, die von der Größe der Räume und der Art der Darbietung, z. B. Sprache oder Musik unterschiedlichen Charakters, abhängen. Räume mit sehr langer Nachhallzeit werden als akustische Meßräume verwendet und als **Hallräume** bezeichnet; sie dienen zur Bestimmung der → Schalleistung von Schallquellen und des Schallabsorptionsgrades von Materialien und Konstruktionen. Die Messung der Nachhallzeit erfolgt nach TGL 10687 Bauphysikalische Schutzmaßnahmen, Schallschutz.

Nachlauf, 1) bei Fahrzeugen eine geringe Neigung (etwa 1 bis 3°) der Achsschenkelbolzen der Vorderräder in der Fahrzeuglängsebene oder bei Motorrädern des Steuerkopfes derart, daß der Punkt der Radaufklage dem Schnittpunkt der Achse des Achsschenkelbolzens oder des Steuerkopfes mit der Fahrbahnebene nachläuft. Durch den Nachlauf werden die Räder zu gezogenen Rädern und haben dadurch stets das Bestreben, sich in Geradeausfahrt einzustellen oder diese Stellung beizubehalten. Der N. verringert die Flatterneigung.

2) hinter umströmten Körpern das Strömungsgebiet, in dem das verzögerte Grenzschichtmaterial abschwimmt. So fließen z. B. die Grenzschichten von beiden Seiten eines Tragflügelprofils an der Hinterkante zusammen und bilden hinter dem Profil den N. Die **Nachlaufdele** wird charakterisiert durch die Geschwindigkeitsverteilung senkrecht zur Strömungsrichtung (Nachlaufprofil). Die Größe der Nachlaufdele ist ein direktes Maß für den Widerstand des Körpers.

Nachricht, in der Nachrichten- oder Informationstheorie das Ergebnis eines Auswahlvorganges, durch den aus einer endlichen Menge von Elementen (Zeichen) ein in bestimmter Weise strukturierter, geordneter Elementenkomplex entsteht, durch den die Information übertragen werden kann. Die umgangssprachliche Bedeutung des Begriffes N. ist Übermittlung von Botschaften, Befehlen, Aufträgen zum Zwecke der Beeinflussung, gegebenenfalls zur Steuerung eines Empfängers. N.en dienen also der → Kommunikation zwischen **Nachrichtenproduzenten** (-quelle, Sender) und dem **Nachrichtenempfänger**. Die Nachrichtenquelle ist jener Teil eines Nachrichtenübertragungssystems, in dem die N. durch einen Auswahlvorgang zusammengestellt und den (technischen) Bedingungen entsprechend codiert wird. Der Auswahlvorgang ist meist durch bestimmte syntaktische Regeln eingeschränkt, so daß bestimmte, vom Empfänger verarbeitbare (verstehbare) Elementen- (Zeichen-) zusammenstellungen produziert werden. Die Codierung erfolgt durch Zuordnung zweier Zeichenmengen (Alphabete), z. B. Alphabet der natürlichen Sprache und Morsealphabet, die nicht notwendig eindeutig sein muß. Die so produzierte und codierte N. wird über einen

Nachrichtenkanal (→ Kanal) dem Empfänger zugeleitet. Der Empfänger ist ein nachrichtenverarbeitendes System. Die N. selbst wird durch Signale repräsentiert. Eine N. muß für einen Empfänger keine Information enthalten, aber jede Struktur, die Information enthält, ist eine N. In der statistischen → Informationstheorie wird eine N. als Folge von Ereignissen im Sinne der Wahrscheinlichkeitstheorie behandelt, der Inhalt der Nachricht bleibt unberücksichtigt.

Nachrichtensatellit (Tafel 18), ein künstlicher → Erdsatellit, der zur Übertragung von Informationen zwischen verschiedenen Punkten der Erde eingesetzt wird. Die Reichweite der als Informationsträger dienenden kurzen elektromagnetischen Wellen ist im wesentlichen durch den optischen Horizont der Sendeantenne (maximal rund 100 km bei erdgebundenen Anlagen) begrenzt; ein hochfliegender N., der als Relaisstation dient (**Relaissatellit**), kann deshalb sehr große (interkontinentale) Entfernungen überbrücken (10000 km und mehr). Mittels N.en können unter anderem Telegraphie-, Telephonie-, Radio- und Fernsehsendungen übertragen werden (**Fernmeldesatelliten**).

Man unterscheidet verschiedene Typen von N.en. **Passive N.en** reflektieren lediglich an ihrer Oberfläche die ankommenden Signale, **aktive N.en** empfangen die Signale, verstärken sie und strahlen sie – evtl. gerichtet – wieder ab. Die Elektronik der aktiven N.en muß bei geringem Strombedarf (Sonnenbatterien) zuverlässig wenigstens ein Jahr arbeiten, damit sich ihr Einsatz lohnt. Nach ihrer Bahn unterscheidet man nicht-synchrone und synchrone N.en. **Nichtsynchrone N.en** (z. B. Courier, Telstar, Relay, Molnija) ermöglichen nur zeitweise eine Übertragung, d. h. nur so lange, wie sie sich über dem Horizont beider Teilnehmer befinden (etwa 10 bis 30 Minuten je Umlauf), ausgenommen N.en mit sehr hohem Apogäum (z. B. Molnija), die bei günstiger Bahnlage den größten Teil des Tages für Übertragungen zur Verfügung stehen. **Synchrone N.en** (z. B. Syncom, Early Bird) umkreisen die Erde in genau einem Tag (Höhe 35800 km) und sind außerdem am Himmel stationär, wenn ihre kreisförmige Bahn in der Äquatorebene liegt. Synchrone N.en sind ständig einsatzbereit, ihr Start ist allerdings mit komplizierteren Bahnmanövern

verbunden. Für ein erdumfassendes Nachrichtennetz genügen 3 synchrone N.en in je 120° Abstand. Wegen der geringen Leistung der Satellitensender erfordern N.en umfangreiche Bodenanlagen zum Senden und Empfangen der Signale.

Der erste aktive (militärische) N. war Courier 1 B (Start 1960), der erste kommerzielle N. Telstar 1 (1962), der erste synchrone N. Syncom 2 (1963), sämtlich USA. Die Sowjetunion startete ihren ersten N. Molnija 1 1965 (sowj. „Orbita“-System). Der erste stationäre „Intelsat“-N. war Early Bird (1965). Passive N.en sind die amerikanischen Ballonsatelliten Echo 1 (1960) und Echo 2 (1964). Daten über die genannten und weitere N.en → Raumfahrt (Tab.).

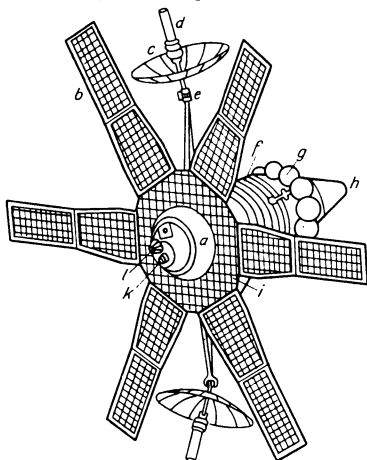
Nachrichtentechnik, Fernmeldetechnik, die Technik der Umwandlung und Übertragung von Signalen. Diese können in analoger Form (z. B. beim Telefon und bei der Musikübertragung oder aber in digitaler Form (z. B. bei der Telegrafie und Datenübertragung, → Impulstechnik) vorliegen. Die Signale werden entweder in ihrer ursprünglichen Frequenzlage übertragen (NF-Technik) oder in einen anderen Frequenzbereich umgesetzt (→ Trägerfrequenztechnik). Man unterscheidet weiterhin nach der Art des Übertragungssystems drahtgebundene und drahtlose N. Die **drahtgebundene N.** (Fernmeldetechnik im engeren Sinne) bedient sich als Übertragungsmedium der Leitungen, die **drahtlose N.** (→ Funktechnik) nutzt die Wellenausbreitung im Raum aus. Zur N. gehören → Fernsprechen, → Telegrafie, → Rundfunktechnik, → Fernsehen. Die unterschiedlichen Eigenschaften der Übertragungsmedien bedingen verschiedenartige Techniken.

Ziel jeder modernen N. ist es, durch geeignete Verfahren über einen vorliegenden Übertragungsweg einen möglichst großen Informationsfluß störungsfrei zu übertragen.

Lit. Artus: Einführung in die N. (Leipzig 1957); Gottschall, Graf, Gabriel: Trägerfrequenz-Fernsprechen (Leipzig 1959); Henkler: Übertragungstechnik im Fernmeldeweiterverkehr (Berlin 1956); Megla: Dezi-meterwellentechnik (Berlin 1961); Meinke u. Gundlach: Taschenb. der Hochfrequenztechnik (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962); Rint: Lexikon der Hochfrequenz-, Nachrichten- und Elektrotechnik, Bd 1 bis 3 (Berlin 1958/59); Rudolf: Fernmeldebau (Leipzig 1957); H. Schröder: Elektrische N., 2 Bde (Berlin, Bd I 1964, Bd II 1963); electronicum (Berlin 1967); Ztschr. N. (Berlin), Der Fernmeldepraktiker (Berlin).

Nachrichtenvorarbeitung, die auf seiten des Empfangssystems nach bestimmten Verfahren und Methoden erfolgende planmäßige Umgestaltung der über einen Nachrichtenkanal empfangenen Nachricht. Die N., die wesentlich auf der nach logischen und codierungstheoretischen Gesetzen erfolgenden Verknüpfung der empfangenen (ausgewählten) Nachrichten beruht, ist Grundlage der Reaktion (Verhaltensweise) eines Systems. Die Verknüpfung von Nachrichten kann mit Hilfe verschiedener (technischer) Mittel (z. B. elektrische, mechanische, optische Mittel) vor sich gehen. Sie erfolgt unabhängig von der Art der physikalischen Repräsentation der Nachricht, also unabhängig von der stofflichen Erscheinungsform der zur Übertragung der Nachricht verwendeten Signale. Besondere Bedeutung erlangt die Untersuchung der Probleme der N. in der Biologie (Genetik), der Physiologie (besonders die N. im Menschen) sowie in der Technik (maschinelle → Datenverarbeitung als spezielle Form der N.).

Nacht, der je nach der Jahreszeit und der geographischen Breite verschieden lange Zeitraum zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. Am Äquator sind Tag und Nacht während des ganzen Jahres gleich lang (je 12 Stunden), an allen anderen Erdsorten nur zur Zeit der **Tagundnachtgleichen** (→ Äquinoktium). Auf der nörd-

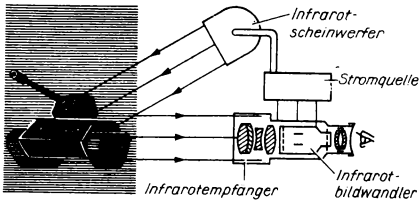


Aktiver Nachrichtensatellit Molnija 3 (UdSSR). a hermetische Gerätezelle, b Solarzellenausleger, c Richtantenne, d Erdsensor zur Antennenorientierung, e Antennenantrieb, f Kühler, g Druckgasbehälter, h Bahnkorrekturtriebwerk, i Heizplatte, k Lageorientierungssensor, l Sonnensensor

lichen Halbkugel sind etwa vom 21. März bis etwa 23. September die Tage länger als die Nächte, vom 23. September bis 21. März kürzer. Auf der südlichen Halbkugel liegen die Verhältnisse umgekehrt.

Nachtsichtgerät, Infrarotbeobachtungsgerät, ein auf die Ausnutzung von Infrarotstrahlung (\rightarrow Infrarot) beruhendes Beobachtungsgerät. N.e ermöglichen das Erkennen von Gegenständen oder Personen auch bei Dunkelheit, wenn sich diese aus ihrer Umgebungstemperatur herausheben, d. h. eine ausreichende Eigenstrahlung aussenden oder bei Anstrahlung mit einem Infrarotscheinwerfer genügend Infrarotstrahlung reflektieren. Man unterscheidet passive und aktive N.e. **Passive N.e.** nehmen lediglich die ausgesendete Eigenstrahlung des Objektes in einem Infrarotempfänger auf. **Aktive N.e.** strahlen das Objekt mit einem Infrarotscheinwerfer an und nehmen die reflektierte Infrarotstrahlung auf. Der Infrarotscheinwerfer enthält im allgemeinen eine normale Lichtquelle mit einem vorgeschalteten Filter, das nur den Infrarotanteil der Strahlung durchläßt. Die vom Objekt ausgesendete oder reflektierte Infrarotstrahlung wird einem Infrarotbildwandler (\rightarrow Bildwandler) zugeführt und dort im allgemeinen auf einem Bildschirm sichtbar gemacht oder photographisch erfaßt.

N.e dienen bei Dunkelheit zur Führungshilfe für Kraftfahrzeuge und Panzer, zur Geländeüberwachung, zur Aufklärung, zur Feuerführung aller Waffen des direkten Richtens (**Infrarotzielgeräte**) u. a. Die Reichweite von Infrarotzielgeräten für Handfeuerwaffen beträgt bis 150 m, von Infrarotgeräten für Geschützeleinrichtungen und zur Beobachtung bis 800 m.



Nachtsichtgerät

Neben den beschriebenen Geräten gibt es tragbare und auf Gefechtsfahrzeugen montierte Infrarotscheinwerfer zur Beleuchtung des Gefechtsfeldes und Infrarotleuchttürme, die als Orientierungs- und Organisationshilfen bei See- und Luftlandeoperationen, zur Richtungsmarkierung und Orientierung im Nachtgefecht dienen. Die von Infrarotleuchttürmen ausgesendeten Signale entsprechen bestimmten Buchstaben des Morsealphabets.

Nachwirkung, die Erscheinung, daß ein physikalisches System sich nach Einwirkung äußerer Einflüsse noch langsam weiterverändert. Man spricht z. B. von **magnetischer N.**, wenn sich nach Ablauf einer Änderung des äußeren Magnetfeldes die Magnetisierung eines ferromagnetischen Materials weiterhin verändert, obwohl das äußere Magnetfeld konstant bleibt. **Elastische N.en** treten nach Änderung der mechanischen Beanspruchung auf. Sehr lang anhaltende N.en bezeichnet man als **Alterung**. Die N. ist eine Form der \rightarrow Relaxation.

Nadelabweichung, der Winkel zwischen der Einstellrichtung einer um eine senkrechte Achse drehbaren Magnetnadel (Magnetisch-Nord) und den nach Gitter-Nord weisenden Linien des Gitternetzes.

Nadeleisenerz, fälschlich, aber häufig als **Goethit** bezeichnet; ein Mineral, $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$; rhombisch, braunschwarz bis lichtgelb, nadel-

und haarförmige Kristalle, tritt in strahligen, faserigen Aggregaten, derb, dicht, auch pulverig auf, Härte nach Mohs 5 bis 5,5, D. 3,8 bis 4,3 g cm^{-3} . N. ist ein Hauptbestandteil des Limonits und typisches Produkt der Verwitterungszone.

Nadeltonverfahren, ein Schallspeicherverfahren. Dabei wird das Schallereignis, z. B. Sprache, Musik, in Form einer Rille mit dem Schall entsprechenden Auslenkungen in einer plastischen Masse durch eine Nadel aufgezeichnet. Die gebräuchlichste Anwendung des N.s stellt die \rightarrow Schallplatte dar.

Nadir m, Fußpunkt, der an der Himmelskugel dem \rightarrow Zenit entgegengesetzt liegende Punkt.

Nagel, ein Befestigungsmittel zur Verbindung zweier Teile aus gleichem oder verschiedenem Werkstoff. Der N. besteht meist aus einem zugespitzten Schaft und einem Kopf, der entweder kegelförmig, flach oder gerundet ist. Gewöhnliche Nägel werden maschinell aus Stahldraht mit rundem oder quadratischem Querschnitt oder aus Blech- oder Bandstahlstreifen hergestellt. Geschmiedete Nägel werden vor allem als Schienennägel benutzt. Für bestimmte Zwecke, z. B. im Bootsbau, verwendet man nichtrostende Nägel aus Kupfer, für Dachpappe verzinkte Nägel mit breiten Köpfen. Besondere Nagelarten sind z. B. Stifte (mit dünnem Schaft, häufig ohne Kopf; auch aus Holz gefertigt), Tackse (kurze Schuhstifte), Haken (mit abgewinkeltem Schaft, ohne Kopf), Klammern (mit beidseitig abgewinkeltem und zugespitztem Schaft) und Schlaufen (kleine Krampen).

Näherung, Approximation, Verfahren zur angenäherten Berechnung oder Konstruktion einer unbekannten Größe oder auch der angenäherte Wert selbst. Man unterscheidet **numerische** (rechnerische) und **graphische** (zeichnerische) Methoden. Näherungsverfahren gibt es für die verschiedensten mathematischen Problemstellungen; sie werden immer dann angewendet, wenn eine exakte Lösung nicht möglich, sehr aufwendig oder nicht notwendig ist. So sind z. B. die in Tabellen erfaßten Zahlenwerte von Wurzeln oder Logarithmen stets Näherungswerte. Bei der experimentellen Bestimmung des Wertes einer unbekannten Größe, d. h. bei ihrer Berechnung oder Messung, erhält man im allgemeinen nicht den exakten, sondern nur einen angenäherten Wert. Deshalb sind Methoden zur möglichst weitgehenden Annäherung ohne allzu großen Arbeitsaufwand für die Praxis von besonderer Bedeutung. Für eine Näherungsberechnung ist stets dasjenige Verfahren zu wählen, mit dem der erforderliche Genauigkeitsgrad des Ergebnisses erreicht wird. Wichtig ist dabei, daß man auch über ein Verfahren zur Abschätzung des dabei begangenen Fehlers verfügt (\rightarrow Fehler, \rightarrow Ausgleichsrechnung).

Den Methoden zur angenäherten Berechnung bestimmter Integrale liegt ihre Deutung als Flächeninhalt zugrunde (\rightarrow Integralrechnung). Die einfachsten Näherungsformeln sind

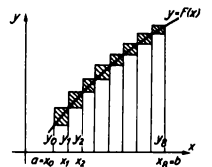
$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{n} [y_0 + y_1 + \dots + y_{n-1}] \text{ und}$$

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{n} [y_1 + y_2 + \dots + y_n],$$

d. h. die Annäherung durch eine Summe von Rechtecken (**Rechteckformel**). Der dabei begangene Fehler ist nicht größer als $\frac{b-a}{n} \cdot (y_n - y_0)$,

ist also um so geringer, je kleiner man die Länge $h = \frac{b-a}{n}$ der Unterteilung wählt. In ähnlicher Weise erfolgt die N. nach der **Trapezformel**.

Verfeinerte Methoden sind die **Tangentenformel** und die \rightarrow **Simpsonsche Regel**.



Berechnen einer Fläche durch Integral

Das in der Praxis gebräuchlichste Verfahren zur angenäherten Berechnung von Funktionswerten ist die Entwicklung der Funktionen in \rightarrow Potenzreihen (\rightarrow Taylorscher Satz). Zum Beispiel gilt für $f(x) = e^x$: $f(x) = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \frac{x^{n+1}}{(n+1)!} \cdot e^{\delta x}$ mit $0 < \delta < 1$. — Von besonderer praktischer Bedeutung sind die Verfahren zur näherungsweise Lösung von (algebraischen und transzendenten) Gleichungen, u. a. das \rightarrow Newtonsche Näherungsverfahren und das Verfahren der linearen Interpolation (\rightarrow Regula falsi). Auch bei der Lösung von Differentialgleichungen ist man weitgehend auf Näherungsmethoden angewiesen.

Nahewirkungstheorie. \rightarrow Feld.

Nähmaschine, eine Maschine zum Herstellen von Nähten, die mit einem Faden (einfacher Kettenstich), zwei Fäden (Doppelstepp- oder Doppelkettenstich) oder drei und mehr Fäden gebildet werden. Verbreitet in Haushalt und Produktion sind die mit Ober- und Unterfaden arbeitenden Doppelsteppstich-Nähmaschinen, die die vom Oberfaden gebildeten Schlingen mit dem Unterfaden verbinden.

Arbeitsweise der N. Der Antrieb erfolgt meist mittels eines Elektromotors, seltener durch Treten, früher auch mittels Handkurbel. Über die *Armuelle* wird mit Hilfe eines Kurbeltriebes die senkrechte *Nadelstange* mit Nähadel und Oberfaden auf- und abwärtsbewegt. Die Nähmaschinenadel führt den Oberfaden durch den Stoff hindurch vor die Spitze des *Schlingenfängers* (oszillierender oder doppelt umlaufender Greifer, früher auch Schiffchen). Bei Aufwärtsgang der Nadel bildet sich unterhalb des Nähgutes eine Schlinge, die der Schlingenfänger mit

seiner Spitze erfaßt. Der Greifer weitet die Oberfadenschlinge aus und führt sie um die stillstehende *Spulenkapsel*, in der sich der Unterfaden befindet, herum. Auf diese Weise werden Ober- und Unterfaden miteinander verschlungen. Beim weiteren Aufwärtsgang der Nadel wird die Fadenschlinge vom schwingenden oder rotierenden *Fadengeber* in das Nähgut hineingezogen, so daß die Verschlingung dann in der Nähgutmitte liegt. Die richtige Fadenzugkraft kann mittels in den Fadenlauf eingeschalteter *Ober- und Unterfadenzugkraftregler* eingestellt werden. Bei der **Doppelsteppstich-Geradstichnähmaschine** liegen auf der oberen und unteren Nähgutseite je eine gerade Steppstichreihe. Bei der **Zick-Zack-Nähmaschine** führt die Nadel zusätzlich eine schwingende Bewegung aus. Die Nadelstange ist bei diesen N.n in einer *Nadelstangenschwinde* oder in einem *Pendel* gelagert, die von dem *Zick-Zack-Schaltgetriebe* seitlich bewegt werden. Zick-Zack-Nähmaschinen ermöglichen das Versäubern von Stoffkanten, das Nähen von Knopflöchern, das Annähen von Knöpfen, das Nähen von Ziernähten u. dgl. Mit Zick-Zack-Automatic-Nähmaschinen kann man durch einen besonderen Mechanismus eine große Anzahl automatisch gesteuerter Ziernähte nähen.

Weitere wichtige Teile der N. sind: *Transporteur* (*Stoffschieber*) zum Weiterschieben des Nähgutes nach jedem Stich um die mittels der Stichstellvorrichtung einstellbare Stichlänge; *Stichplatte* zum Auflegen des Nähgutes; *Nähfuß* mit Fußstange, der das Nähgut auf den Transporteur drückt und mittels Hebels angehoben werden kann; *Spuler* zum Aufspulen des Unterfadens; *Transporteurversenkvorrichtung*. Außer den Haushaltsnähmaschinen gibt es eine Reihe von Industrie- und Spezialnähmaschinen, z. B. Schnellnäher, Zwei- und Mehrnadelmäschinen zum gleichzeitigen Nähen von zwei und mehr Nähten, Knopflochnähmaschinen, Knopfannähmaschinen, Riegelmaschinen, Pelznähmaschinen, Spezialnähmaschinen für Sattler und Schuhmacher mit Stoffvorschub durch den nach jeder Richtung drehbaren Presserfuß, ein- und mehrfädige Kettenstichnähmaschinen zum Nähen und Säumen von elastischem Stoff (Gewirke, Gestrick u. ä.).

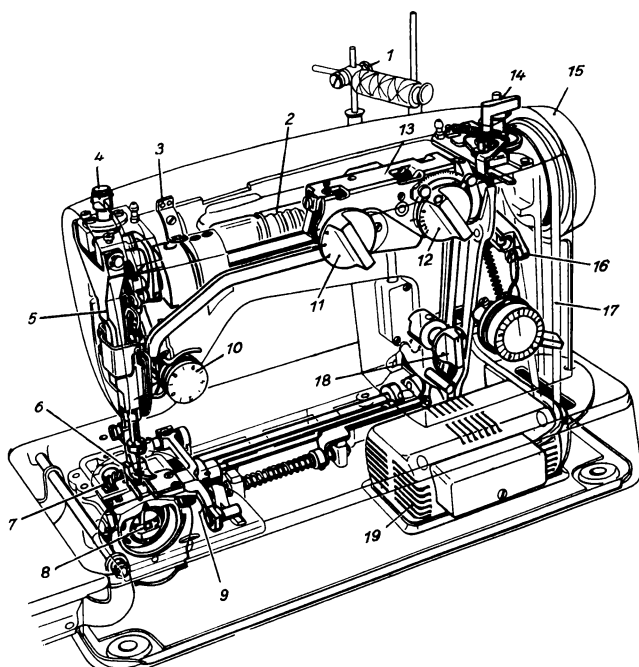
Haushaltnähmaschinen, jetzt häufig als Tischnähmaschinen ausgeführt, können 1500, Schnellnähmaschinen bis zu 6000 Stiche je Minute ausführen.

Lit. Appelt: Der Nähmaschinenpezialist, 2 Bde (Leipzig 1951–53); Renters: Der Nähmaschinenfachmann, 3 Bde (8. Aufl. Bielefeld 1957).

Namur, \rightarrow Karbon.

Nano, Kurzz. n, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^{-9} (Milliardstel), z. B. **Nanometer**, Kurzz. nm, = 10^{-9} m (früher Millimikron genannt, Kurzz. m μ); **Nanocurie**, Kurzz. nCi, = 10^{-9} Ci.

Napalm [abgeleitet von Naphthensäure und Palmitinsäure], ein geliertes Brandmittel. Die Grundsubstanz besteht aus den Aluminiumsalzen höherer Karbonsäuren, die Kohlenwasserstoffe und Benzin zu gelieren vermögen. Derartige Gele haben eine hohe Verbrennungstemperatur (800 °C und mehr) und sind schwer zu löschen (Abdecken mit Sand oder Einsatz von Speziallöschgeräten). N. kann in verschiedenen Varianten eingesetzt werden. Die Zusammensetzung für ein Standard-N. beträgt 25 % Aluminiumnaphthenat, 50 % Aluminiumpalmitat und 25 % Aluminiumoleat. Durch Zusatz einer speziellen Natriumlegierung wird Brennfähigkeit auf Wasser usw. erreicht. Supernapalm besteht aus der Grundmischung und Zusätzen einer selbstentzündlichen Alkalimetall-Legierung; es kann in allen Arten von Flammenwerfern eingesetzt werden und entzündet sich erst beim Auftreffen



Zick-Zack-Nähmaschine. 1 Fadenrollenhalter, 2 Nähleuchte, 3 Fadenführung, 4 Druckregulierung für Nähfuß, 5 Pendel mit Nadelstange, 6 Nähfuß, 7 Greifergetriebe, 8 Greifer mit Spulenkapsel, 9 Transporteurträger mit Transporteur, 10 Oberfadenzugkraftregler, 11 Einstellknopf für Zick-Zack-Verlängerung, 12 Einstellknopf für Zick-Zack-Breite, 13 Zick-Zack-Schaltgetriebe, 14 Spuler, 15 Schwungrad, 16 Stichstellvorrichtung mit Einstellknopf, 17 Keilriemen, 18 Transporteurversenkknopf, 19 Antriebsmotor

auf das Ziel bzw. bei Berührung mit der Erde. Napalbrandregen ist eine Emulsion aus Brandgel und konzentriertem Wasserstoffperoxid; es wird abgesprüht und entzündet sich explosionsartig. Die bedeutendste Einsatzform ist die **Napalmbombe**, eine große, mit N. gefüllte Brandbombe. Eine 200-kg-Napalmbombe erzeugt einen möglichen Flächenbrand von 2000 m².

Naphtha *n* und *f*, ältere Bezeichnung für Erdöl, heute z. T. noch in einigen slawischen Sprachen, so z. B. im Russischen in der Form *Neftj*, üblich.

Naphthalin, ein aus zwei kondensierten Benzolringen bestehender aromatischer Kohlenwasserstoff. N. kristallisiert in farblosen Blättchen (F. 81 °C), die nach Mottenpulver riechen. Es brennt mit leuchtender Flamme und sublimiert sehr leicht. N. ist der Grundkörper vieler Derivate, z. B. entsteht durch katalytische Hydrierung Dekahydronaphthalin, durch katalytische Oxydation Phthalsäure. Man unterscheidet zwei Reihen von Naphthalinderivaten, α - und β -Verbindungen. N. wird aus der Mittel- und Schwerölfraction des Steinkohlenteers gewonnen. Man verwendet es vor allem zur Herstellung seiner technisch wichtigen Derivate (Naphthalinsulfonsäuren, Naphthole u. a.), ferner zum Karbrieren von Stadtgas, als keimtötendes Mittel, zum Haltbarmachen von Fellen, Pelzen und Holz sowie zur Schädlingsbekämpfung (z. B. als Mottenkugeln).

Naphthalinsulfonsäuren, Derivate des Naphthalins, die durch dessen Sulfonierung — in der Praxis meist durch Einwirkung von Oleum — entstehen. Je nachdem, ob die Reaktion bei etwa 60 °C oder bei etwa 165 °C verläuft, entsteht als Monosulfonsäure die α - oder die β -Naphthalinsulfonsäure C₁₀H₈—SO₃H. Bei stärkerer Sulfonierung lassen sich zwei, drei oder sogar vier Sulfogruppen in den Naphthalinkern einführen. Verwendet werden die N. als Farbstoffkomponenten, weiterhin zur Gewinnung der Naphthole und Naphtholsulfonsäuren.

Naphthene, eine Gruppe der isozyklischen organischen → Kohlenstoffverbindungen.

Naphthole, **Hydroxynaphthaline**, Derivate des Naphthalins, bei denen ein, zwei oder mehrere H-Atome durch Hydroxylgruppen —OH substituiert sind. Am wichtigsten sind α -Naphthol (1-Hydroxynaphthalin) und β -Naphthol (2-Hydroxynaphthalin). α -Naphthol dient zu Farbstoff- und Riechstoffsynthesen. β -Naphthol hat große Bedeutung als Kupplungskomponente für Azofarbstoffe, bei der Herstellung von Insektiziden und als Konservierungsmittel. Einige Naphtholäther sind wertvolle Riechstoffe.

Naphthyl..., → Aryl...

Narben *m*, die charakteristisch gezeichnete, von der Papillarschicht der Tierhaut gebildete Oberfläche des → Leders.

Narkotika, Mittel, die durch vorübergehende Lähmung des Zentralnervensystems unter Ausschaltung des Bewußtseins allgemeine Empfindungslosigkeit hervorruft. Sie dienen deshalb vor allem zur Narkose. Man unterscheidet zwischen Inhalations- und Injektionsnarkotika. Zu den **Inhalationsnarkotika** gehören Kohlenwasserstoffe (Zyklopropan, Äthen, Äthin), Halogenkohlenwasserstoffe (Chloroform, Äthylchlorid, Trichloräthen) und sauerstoffhaltige organische Verbindungen (Äther, Divinyläther und Distickstoffmonoxid). Neuerdings verwendet man als Narkotikum auch ein Gemisch von Krypton und Sauerstoff. Als **Injektionsnarkotika** werden Tribromäthanol sowie Derivate der Barbitur- und Thiobarbitursäure verwendet. Zur intravenösen Kurzarkose dienen neuerdings Steroidpräparate und Derivate der Phenoxyessigsäure.

Hesse u. Sauerwein: Kleines Narkosebuch (9. Aufl. Leipzig 1964).

Narkotin, eines der Hauptalkaloide des Opiums. Die chemische Struktur leitet sich vom Benzylisochinin ab. Beim oxydativen Abbau des N.s entstehen Kotarnin und Opiansäure, bei der reduktiven Spaltung Mekonin und Hydrokotarnin. Umgekehrt läßt sich N. aus Kotarnin und Mekonin wieder aufbauen. N. lindert den Hustenreiz und hat eine geringe narkotische Wirkung, vermag aber die Wirkung des Morphins zu steigern. Es wird als blutstillendes und wehenförderndes Medikament benutzt.

Naßlöcher, → Handfeuerlöscher.

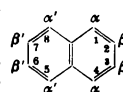
Naßmetallurgie, die → Hydrometallurgie.

Nationalpreis, der höchste staatliche Preis der DDR. Er wird an Personen verliehen, „die durch hervorragende wissenschaftliche Arbeiten, durch wichtige technische Erfindungen, durch Einführung neuer Produktions- und Arbeitsmethoden sowie durch bedeutende Werke und Leistungen auf dem Gebiet der Kunst und Literatur die sozialistische und demokratische Entwicklung des deutschen Volkes in besonderem Maße gefördert haben“.

Der N. wurde 1949 gestiftet, er kann an Wissenschaftler, Angehörige der technischen Intelligenz, Werktätige der sozialistischen Wirtschaft, Künstler, Dichter und Schriftsteller verliehen werden sowie an Kollektive dieses Personenkreises. Die Verleihung erfolgt alljährlich (meist am 7. Oktober, dem Tag der Republik) durch den Vorsitzenden des Staatsrates der DDR. Die Höhe beträgt in der I. Klasse 100 000 M, in der II. Klasse 50 000 M, in der III. Klasse 25 000 M. Bei Auszeichnungen von Kollektiven erfolgt die Aufteilung des Preises entsprechend den Leistungen der Auszuzeichnenden. Zum Preis gehören Medaille und Urkunde, die bei der Auszeichnung von Kollektiven jedem Mitglied verliehen werden.

Natrium, Symbol **Na**, chemisches Element aus der I. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Alkalimetalle, Reinelement, Leichtmetall; Ordnungszahl 11, Atomgewicht 22,9898 (bezogen auf ¹²C), Wertigkeit I, D. 0,971 g cm⁻³, F. 97,7 °C, Kp. 883 °C; 1807 erstmals von Davy in metallischer Form dargestellt. Das sehr unedle N. glänzt silberweiß und ist so weich, daß es sich mit dem Messer schneiden läßt und auch gepreßt werden kann. An feuchter Luft überzieht es sich sehr rasch mit einer weißen Oxidkruste, so daß man es unter Petroleum aufbewahren muß. Mit Wasser setzt es sich zu Wasserstoff und Natriumhydroxid um; dabei schmilzt es infolge der entstehenden Reaktionswärme, und der Wasserstoff entzündet sich. Natriumionen färben die Bunsenflamme intensiv gelb. N. kommt in der Natur in großen Mengen gebunden vor, am häufigsten in Form von Silikaten, z. B. als Natronfeldspat, ferner in Form von Chloriden (Stein- und Seesalz), Karbonaten (z. B. Soda), Nitraten (vor allem als Chilesalpeter) und Kryolith. Im menschlichen und tierischen Körper ist es als Natriumchlorid enthalten. Technisch gewinnt man N. durch Schmelzflußelektrolyse von Natriumchlorid oder Natriumhydroxid. Als guter Wärmeleiter dient N. in flüssiger Form in Reaktoren zur Wärmeableitung. Außerdem verwendet man N. als Katalysator bei Polymerisationen und Kondensationen, als Reduktionsmittel, zum Trocknen bestimmter Lösungsmittel (z. B. Äther, Benzol), zur Herstellung von Natriumdampflampen und als Legierungszusatz, besonders in Aluminium-Silizium-Gußlegierungen. Aus einer Blei-Natrium-Legierung wird das Antiklopfmittel Bleitetraäthyl gewonnen. Das in Kernreaktoren künstlich erzeugte radioaktive Isotop ²⁴Na wird als Radioindikator und in der Medizin zur Krebsbekämpfung eingesetzt.

Natriumverbindungen. **Natriumazetat**, CH₃—COONa · 3 H₂O, farblose, säulenförmige Pris-



Naphthalin

Natriumdampflampe

men, verwendet zur Herstellung von Pufferlösungen, in der Färberei, Gerberei, Kautschukindustrie und Galvanotechnik, wasserfrei zur Herstellung von Eisessig und als Kondensationsmittel; **Natriumbromid**, NaBr, farblose Kristalle, verwendet als nervenberuhigendes Mittel und in der Photographie; **Natriumchlorat**, NaClO₃, farblose, sehr giftige, hygroskopische Kristalle, verwendet als Herbizid, Oxydationsmittel in der Färberei und Druckerei; **Natriumchlorid**, NaCl (→ Salz 1); **Natriumchlorit**, NaClO₂, farblose, explosive Kristalle, verwendet als Bleichmittel und zur Entkeimung von Trinkwasser; **Natriumchromat**, Na₂CrO₄, gelbe, giftige Kristalle, verwendet zur Herstellung von Pigmenten, als Rostschutz-, Beiz- und Oxydationsmittel; **Natriumdichromat**, Na₂Cr₂O₇, rote, giftige, hygroskopische Kristalle, verwendet zur Herstellung von Gerbstoffen, Imprägniersalzen, Beizmitteln, als Konservierungs- und Oxydationsmittel; **Natrium-dithionit**, veraltet **Natriumhypodisulfit** oder **-hydrosulfit**, in der Färberei oft nur als **Hydrosulfit** bezeichnet, Na₂S₂O₄, ein weißes Kristallpulver, verwendet als Reduktionsmittel in der Küpenfärberei, im Ätzdruck, zum Bleichen von Wolle, Papier, Seifen u. a.; **Natriumfluorid**, NaF, farblose Kristalle, verwendet als Holzschutz- und Imprägnierungsmittel sowie zur Fluoridierung von Trinkwasser; **Natriumhydrogencarbonat** (früher **Natriumbikarbonat** oder **doppelt kohlensaures Natron**), NaHCO₃, weiße Kristalle, verwendet zur Herstellung von Back- und Brausepulvern, als Mittel gegen Übersäuerung des Magens, als Puffer und zur Schaumerzeugung in Handfeuergeschützen; **Natriumhydroxid** (Ätznatron), NaOH, weiße, hygroskopische, feste Masse, seine wäßrige Lösung ist **Natronlauge**, eine sehr starke, ätzend wirkende Base, wird technisch hergestellt durch → Chloralkalielektrolyse oder aus Soda und gebranntem Kalk (**Kalk-Soda-Verfahren**), verwendet zur Seifenfabrikation, in der Farbenindustrie, bei der Zellulosegewinnung, zum Merzerisieren von Baumwolle und Viskose, zur Herstellung vieler Chemikalien und in der Metallurgie; **Natriumhypochlorit**, NaOCl, weißes Kristallpulver, die wäßrigen Lösungen heißen **Eau de Labarraque**, sie dienen als Bleichlaugen und als Desinfektionsmittel; **Natriumjodid**, NaJ, farblose Kristalle, verwendet in der Medizin und Photographie; **Natriumkarbonat**, Na₂CO₃ (→ Soda); **Natriumnitrat** (Natronsalpeter, → Salpeter); **Natriumoxalat**, (COONa)₂, farblose Kristalle, verwendet als Titersubstanz in der Manganometrie, zur Textilveredlung und in der Pyrotechnik; **Natriumperchlorat**, NaClO₄, weiße Kristalle, verwendet zur Herstellung von Sprengstoffen; **Natriumperoxid**, Na₂O₂, gelbliches Pulver, verwendet als Bleich- und Aufschlußmittel; **Natriumphosphate** dienen allgemein zur Herstellung von Reinigungsmitteln und z. T. als Futterkalkzusatz; **Natriumsulfat**, Na₂SO₄, farblose Kristalle, kommt in der Natur als Thenardit und auf Kalisalzlagern vor, technisch gewinnt man es aus Steinsalz (Natriumchlorid) und Kieserit (Magnesiumsulfat), verwendet zum Aufschluß von Zellulose, als Trocken- und Waschhilfsmittel, das Dekahydrat Na₂SO₄ · 10 H₂O (**Glaubersalz**) in der Kältetechnik, Glas- und Farbenindustrie, als Appretur- und Abföhrmittel; **Natriumsulfit**, Na₂SO₃, farblose Kristalle, verwendet als Aufschlußmittel, Konservierungsmittel und zur Aufbereitung von Kesselspeisewasser; **Natriumthiosulfat**, Na₂S₂O₃, farblose Kristalle, verwendet als Fixiersalz, in der Bleicherei und in der Jodometrie; **Natriumcyanid**, NaCN, farblose, sehr giftige Kristalle, verwendet in der Zyanidlaugerei, Galvanotechnik und zur Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln. **Natriumdampflampe**, eine → Metaldampflampe.

Natur, die materielle Wirklichkeit unter Ausschluß der Gesellschaft: die anorganische und organische N. Sie existiert ewig, unabhängig von der Tätigkeit der Menschen. Der Mensch macht die N. in den → Naturwissenschaften zum Gegenstand der Erforschung und Erkenntnis; die dadurch ermöglichte Technik gestattet die weitgehende Ausnutzung von Naturkräften (Energieformen) und Naturgesetzen.

Naturama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Naturgas, svw. → Erdgas.

Naturgesetze, in der Natur objektiv existierende, notwendige, allgemeine und wesentliche Zusammenhänge zwischen Erscheinungen, durch die sich die Natur verändert, entwickelt oder denen gemäß sie strukturiert ist. Die Wissenschaft hat die Aufgabe, sie zu erforschen und in den Dienst der Menschen zu stellen. Die Gesetze der Wissenschaft sind mehr oder weniger adäquate Abbilder der in der Natur wirkenden Gesetzmäßigkeiten. Es gibt allgemeine (in der gesamten Natur oder auf mehreren Gebieten geltende) N., z. B. die Erhaltungssätze der Masse, der Energie usw., und spezifische, die sich nur auf ein Gebiet beziehen (mechanische Gesetze). Nach der Auffassung der Mechanisten lassen sich alle Gesetze auf mechanische zurückführen. Die Entwicklung der Wissenschaften, besonders im 19. Jh., hat aber die Existenz verschiedenartiger Gesetze (biologische, soziologische usw.) bewiesen, die sich nicht auf mechanische reduzieren lassen. Dadurch war der Mechanismus tatsächlich widerlegt. Diese verschiedenen Arten der Gesetze sind aber nicht absolut voneinander getrennt, sondern die den jeweils niederen Bewegungsformen der Materie angehörenden sind in der höheren aufgehoben und aufbewahrt. Zum Beispiel unterliegen alle lebenden Organismen außer den spezifischen biologischen Gesetzen in gewisser Hinsicht auch den mechanischen, physikalischen und chemischen Gesetzen. Der Mensch als gesellschaftliches Wesen unterliegt ebenfalls den biologischen und physikalischen Gesetzen. Hierin kommt der Evolutionszusammenhang zwischen den verschiedenen Zustandsformen der Materie zum Ausdruck: Die höher entwickelten Formen gehen aus den elementaren hervor und behalten gewisse Züge der niederen Form bei. Diese spielen aber eine untergeordnete Rolle und sind keinesfalls für die Spezifik der betreffenden höher entwickelten Formen allein ausschlaggebend.

Das Wirken von N. n ist an bestimmte spezifische und nichtspezifische Bedingungen gebunden, deren Vorhandensein erst das Inkrafttreten des Gesetzes ermöglicht, sowie an Begleitbedingungen, die die Art und Weise seines Wirkens modifizieren. Wir unterscheiden dynamische und statische N., je nachdem, ob es sich um Zusammenhänge zwischen Einzelercheinungen, wie im Fallgesetz, oder Massen von Einzelercheinungen handelt, wie in den Gasgesetzen. Im statistischen Gesetz wird das gesetzmäßige Gesamtverhalten von Mengen exakt erfährt; für jede Teilmenge kann jedoch nur das durchschnittliche Verhalten abgeleitet werden.

Naturseide, das fadenförmige Sekret aus den Spinnrüsen der Larven (Raupe) verschiedener Seidenspinner, das meist zu Textilien verarbeitet wird.

1) Die wichtigste N. ist die **Bombyxseide** (echte Seide), die der vollkommen domestizierte Maulbeerspinner (*Bombyx mori*) liefert.

Aufbau und Eigenschaften. Die rohe N. (**Rohseide**, **Bastseide**) besteht aus zwei relativ leicht isolierbaren fibrillären Eiweißstoffen, dem Serizin (*Seidenleim*, *Seidenbast*) und dem faserbildenden Fibroin. Festigkeit und Elastizität der N. hängen von ihrer Aminosäurezusammen-

setzung ab. Die Dichte lufttrockener N. beträgt etwa $1,34 \text{ g cm}^{-3}$. Gezwirnte N. ist mit einer Zugfestigkeit von etwa 50 kp mm^{-2} einer der reißfestesten Naturfaserstoffe. N. ist ein schlechter Leiter für Wärme und Elektrizität. Sie wird von heißen Alkalien angegriffen; daher dürfen Naturseidentextilien nur kalt gewaschen werden. Besondere Merkmale der N. sind milder Glanz und knirschender oder krachender Griff (*Seidenschrei*).

Gewinnung. Die verpuppungsfähigen Raupen des Seidenspinners pressen das in den Spinnrüden gebildete Sekret in Fadenform durch eine Warze am Kopf aus und bilden innerhalb von 24 Stunden den Kokon, der aus einem bis zu 4000 m langen Doppelfaden besteht. In den nicht zur Nachzucht bestimmten Kokons werden die Puppen mittels Heißluft abgetötet und bis zum Erweichen des Seidenleims gebrüht. Die äußere lockere Hülle des Kokons liefert die **Flock-** oder **Florette**seide. Der abhaspelbare Doppelfaden (500 bis 900 m) ergibt die wertvollste Seide, die **Haspelseide**. Da man mehrere Kokons gleichzeitig abhaspelt, erhält man einen durch den Seidenleim leicht zusammenklebenden Faden, den **Grüpfaden**, der wiederum, mit mehreren solcher Fäden zu einem größeren Faden verzwirnt, **Organsin** oder **Trame** ergibt.

Haspelseiden oder daraus hergestellte Gewebe werden vielfach mittels Seifenlösung vom Seidenleim befreit (*Entbasten*, *Degummieren*, *Abkochen*), damit die weiße Farbe, der weiche Griff und der Glanz der Fibrinfäden in Erscheinung treten. Nach dem Bastgehalt unterscheidet man vollständig entbastete **Cuite**seide, teilweise entbastete **Souple**seide und **Ecruse**seide, d. i. Rohseide, bei der durch Behandlung mit Formaldehyd (*Härten*) das Serizin unlöslich auf den Fibrinfäden haftet. Ecruseide wird für Gaze, Tüll und Schleier verwendet. Der Volumen- und Masseverlust durch das Entbasten kann durch → Erschweren ausgeglichen werden. Die Naturseideabfälle (*Florette*) werden entbastet, zerrissen und in einem dem Kammgarn-Spinnverfahren ähnlichen Prozeß zu *Schappagarn* verarbeitet. Die Abfälle (*Kämmlinge*) dieses Verfahrens verspinnt man zu ungleichmäßigerem *Bourrelegarn*.

2) Von geringerer Bedeutung sind die **wilden Seiden**, die aus den Kokons wild lebender oder halbdomestizierter Seidenspinner gewonnen werden. Die wichtigste N. dieser Art ist die **Tussahseide** der indischen, chinesischen (*Schantungseide*, *Honanseide*) und japanischen Tussahspinner, die sich von Eichenlaub ernähren. Die gelbbraunen Fäden werden meist roh verarbeitet, häufig zu Schappagarnen.

Die Naturseidegewinnung ist eine uralte chinesische Erfindung (erste Nachricht etwa aus dem Jahre 2700 v. u. Z.). Die größte Naturseideerzeugung hat heute Japan. In Europa ist Italien der wichtigste Erzeuger für N. Der Anteil der N. am Weltaufkommen an textilen Faserstoffen beträgt nur noch 0,2%; sie ist heute weithin durch Baumwolle und Chemiefaserstoffe verdrängt.

Lit. Linde u. Ossipow: Die Seide (dtsh Leipzig 1954); Mell: Der Seidenspinner (Leipzig 1951).

Naturwissenschaften, die Wissenschaften, die sich mit der Erforschung der Natur befassen. Die Aufgabe der N. besteht darin, die Gesetzmäßigkeiten der Natur zu erkennen, die Naturkräfte in den Dienst der Menschheit zu stellen und die wissenschaftlichen Grundlagen der Technik, Landwirtschaft und Medizin zu entwickeln.

Man trennt die N. sinngemäß nach der unlebenden und der belebten Natur in die physikalischen (im weitesten Sinne) und die biologischen Wissenschaften. Zur ersten Gruppe gehören die Physik im engeren Sinne, Chemie, physikalische Chemie, Astronomie, Geologie, Geophysik, physische Geographie, Meteorologie, zur Gruppe der bio-

logischen Wissenschaften Botanik, Zoologie, Physiologie, Zytologie, Ökologie u. a.

Der Prozeß der Herauslösung der einzelnen N. aus der Philosophie und die Entwicklung naturwissenschaftlicher Methoden begann mit Aristoteles, setzte sich im Hellenismus fort, um — vermittelt durch die Araber und getragen von der europäischen Renaissance — nach Stagnation im Mittelalter dort anzusetzen, wo er in der Antike abgebrochen worden war. In dieser und der nachfolgenden Zeit entstand das System unserer heutigen N. und die ihnen adäquate experimentelle und quantifizierende Methode. Bestand in der Vergangenheit die noch heute andauernde Entwicklungstendenz der N. fast ausschließlich in einer immer weiteren Differenzierung in Einzeldisziplinen, so ist heute darüber hinaus ein Prozeß ihrer Integration zu beobachten, der N., die unterschiedliche Bewegungsformen der Materie zum Gegenstand haben, zu einer Disziplin verbindet (z. B. Biophysik, Biochemie, Astrophysik u. a.) oder der bestimmte gemeinsame Gesetzmäßigkeiten aller (oder vieler) Bewegungsformen der Materie zum Gegenstand einer neuen Disziplin macht (Kybernetik). Charakteristisch für die modernen N. ist ferner, daß sie eine immer enger werdende Bindung zur Produktion eingehen und in noch stärkerem Maße als die Gesellschaftswissenschaften zur unmittelbaren Produktivkraft werden. Der oft behauptete Unterschied, daß sich die N. im Gegensatz zu den Gesellschaftswissenschaften der experimentellen Methode und der Mathematik bedienen, ist nur ein relativer, insofern die Gesellschaftswissenschaften als jüngere und auf höchst komplizierten Systemen beruhende Wissenschaften gerade erst mit der Anwendung des Experiments und der Mathematik beginnen.

Lit. Bernal: Die Wissenschaft in der Geschichte (2. Aufl. Berlin 1967); Dannemann: Die Naturwissenschaft in ihrer historischen Entwicklung (2. Aufl. Bd 1 1920, Bd 2–4 1921–23 Leipzig); Poggendorf: Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten N. (Berlin), Ztschr. Urania (Leipzig/Jena/Berlin); wissenschaft und fortschritt (Berlin); Mathematik und Physik in der Schule (Berlin); Die Naturwissenschaften (Berlin); Naturwissenschaftliche Rundschau (Stuttgart).

nautical mile, → mile.

Nautik, die Schifffahrtskunde, umfaßt außer der Navigation alle Hilfsmittel der Schifffahrt.

Lit. Homburg u. Uhlig: Leitfaden der N., Bd 1 und 2 (Berlin, Bd 1 4. Aufl. 1964, Bd 2 3. Aufl. 1962); Pielenz: Schiffsnautik (Berlin 1953); Rose: Nautische Tafeln (2. Aufl. Berlin 1963); Steinfatt u. Uhlig: Leitfaden der N., Bd 3 Tl 1 (Berlin 1962); Uhlig: Leitfaden der N., Bd 3 Tl 2: Radar in der Seeschifffahrt (Berlin 1964); Nautische Aufgabensammlung (Berlin 1965); → Navigation.

nautische Karte, svw. → Seekarte.

nautischer Strich, → Strich 2).

nautisches Dreieck, ein sphärisches oder Kugeldreieck auf der Erdkugel, d. h. ein Teil der Erdoberfläche, der von den Bögen dreier Großkreise der Erdkugel begrenzt wird (→ Kugel).

NAVARCHO-H, ein System der → Funkortung. **Navier-Stokesche Gleichungen**, → Hydrodynamik.

Navigation, die Gesamtheit der Maßnahmen und Vorgänge, die erforderlich sind, um ein Schiff, ein Luftfahrzeug oder einen Raumflugkörper von einem Ort (Startort) zu einem anderen (Zielort) zu führen. Der Weg ist dabei vorgegeben, meist auch der Zeitablauf. Der vorgegebene Weg ist nicht in jedem Falle der kürzeste, er wird z. B. vom Verfahren und von verkehrstechnischen, sicherungstechnischen sowie meteorologischen Faktoren beeinflusst. Die N. kann nach verschiedenen Methoden und mit verschiedenen Verfahren erfolgen. Die einfachste Navigationsmethode ist die Führung des Fahrzeuges auf dem geradlinigen Weg direkt zu dem vorgegebenen Zielort; dazu wird nur die Angabe

der Richtung zum Zielort benötigt. Eine erweiterte Methode beruht auf der in Abständen durchgeführten → Ortung, d. h. der Ermittlung des momentanen Standort; die N. zwischen den einzelnen ermittelten Orten kann dann wieder nach der Methode der Führung auf dem geradlinigen Weg direkt zum nächsten Ort erfolgen. Eine wesentlich günstigere Navigationsmethode geht von der kontinuierlichen und automatischen Ortung aus. Die in der Praxis angewandten Verfahren der Ortung und der Auswertung der Ergebnisse sind sehr unterschiedlich.

Die N. auf Grund der Ortung, die sich aus der Beobachtung irdischer Objekte ergibt, wird als **terrestrische N.** bezeichnet. Sind die beobachteten Objekte Gestirne, spricht man von **astronomischer N.** oder **Astronavigation**; sind es künstliche Erdsatelliten, spricht man von **Satelliten-Navigation**. Erfolgt die Ortung mit funktechnischen Mitteln, insbesondere durch Auswertung der von Funkfeuern und speziellen Sendeantennen ausgestrahlten Signale, dann liegt → Funkortung vor; die mit ihrer Hilfe durchgeführte N. heißt → Funknavigation.

Als **meteorologische N.** wird fälschlicherweise die Berücksichtigung meteorologischer Verhältnisse bei der N. bezeichnet, indem z. B. Strecken größter Windbegünstigung sowie Zonen starker Vereisung, Stürme, Böen und Gewitter ermittelt und berücksichtigt werden.

Im einzelnen unterscheidet man in der Schifffahrt und Luftfahrt folgende Verfahren der N.:

1) **N. in der Schifffahrt.** Hilfsmittel für die terrestrische N. sind Seekarte, Seehandbuch, Gezeitentafeln und Gezeitenstromkarten, Verzeichnisse der Leuchtfeuer und Signalstellen, nautischer Funkdienst u. a. In der → Seekarte werden unter Berücksichtigung der Wassertiefen die Kurse vom Abfahrtsort zum Bestimmungs-ort als gerade Linien eingezeichnet. Die Kartenkurse (rechtweisende Kurse) werden unter Berücksichtigung der Deviation und Deklination (Mißweisung) bzw. des Fahrtfehlers, des Stromes und der Abdrift in die am Kompaß zu steuernden Kurse umgerechnet. Die Distanzen werden an den seitlichen Rändern der Seekarte in Seemeilen abgemessen. Die auf diese Weise gewonnenen Schiffsorte (Koppelorte) werden durch Peilungen kontrolliert und die festgestellten Abweichungen vom eingezeichneten Kartenweg durch Kursberichtigungen verbessert. Auf hoher See, z. B. beim Überqueren eines Ozeans, fährt man auf der → Orthodrome (Großkreis). Sie stellt in der Seekarte eine gekrümmte Linie dar, deren konvexe Seite dem Pol der Halbkugel zugekehrt ist. Man berechnet die geographischen Längen und Breiten einer größeren Zahl von Punkten des Großkreises und trägt sie in die Seekarte ein. Die Punkte werden durch gerade Linien (→ Loxodrome) verbunden, die in ihrer Gesamtheit dem Großkreis nahekommen. Die nach bestimmten Zeiten auf Grund der Geschwindigkeit und des Kurses erreichten Orte werden durch Koppelrechnung gefunden (Loggeorte) und durch astronomische Standlinien kontrolliert. Man mißt mit dem → Sextanten zwei Gestirnhöhen und berechnet für den Loggeort und die Zeit der Beobachtung die Höhe der beobachteten Gestirne. Aus der Differenz der beobachteten und der berechneten Höhe und einem weiteren Rechenwert gewinnt man für jedes Gestirn eine Standlinie, die in die Seekarte eingezeichnet wird. Der Schnittpunkt zweier Standlinien ist der wahre oder astronomische Schiffsort.

Für die astronomische N. bei bedecktem Himmel oder bei Nebel wurde der → Radiosextant entwickelt. Radiosextanten wurden bisher nur in der militärischen Schifffahrt verwendet.

Neue Verfahren der N. in der Schifffahrt sind die Trägheits- oder Inertialnavigation (→ Träg-

heitsnavigation) sowie die → Satellitennavigation.

Neben der terrestrischen und astronomischen N. kommt in allen Bereichen der Schifffahrt die Funknavigation zur Anwendung, die sich der Verfahren der Funkortung bedient.

2) **N. in der Luftfahrt.** Die N. nach der Methode der einzelnen Ortungen wird in der Luftfahrt bei der **Sichtnavigation** angewendet. Dabei erfolgt die Orientierung nach einzelnen markanten Punkten, z. B. nach Ortschaften, Straßenkreuzungen, Brücken, unter Vergleich mit der Landkarte (terrestrische N.). Die Sichtnavigation ist nur bei ausreichender Bodensicht möglich; sie wird bevorzugt im Sportflug, im Wirtschaftsflug und in Notfällen (Ausfall von Navigationsgeräten) angewandt. Die astronomische N. bedient sich einzelner Standortbestimmungen nach Gestirnen mittels Sextanten, deren Gebrauch optische Sicht voraussetzt. Der Zeitaufwand für eine Ortung ist erheblich, so daß die astronomische N. nur bei Weistreckenflügen in Gebieten angewendet wird, in denen keine anderen Möglichkeiten der Standortbestimmung bestehen. Der automatische Astro-Navigator gibt das Ortungsergebnis sofort an. Wegen des großen Geräteaufwandes und des damit verbundenen hohen Preises ist eine Einführung in die Verkehrsluftfahrt vorerst nicht zu erwarten.

Die Führung eines Luftfahrzeuges auf dem kürzesten, geradlinigen Weg direkt zu einem vorgegebenen Zielort wird als **Zielflug** bezeichnet. Das Ziel ist durch ein → Funkfeuer oder eine sonstige funktechnische Navigationshilfe (→ Funkortung) markiert. Die von diesen funktechnischen Einrichtungen abgestrahlten Signale werden an Bord empfangen und ausgewertet. Für Sichtnavigation und als zusätzliche Einrichtung, insbesondere für den Fall einer Störung der Funkeinrichtungen an Bord, gibt es auch Leuchtfeuer, z. B. Blinkfeuer auf Flughäfen. Je nach Art der Funkfeuer kann der Zielflug nur auf ganz bestimmten Kursen oder auch allseitig erfolgen. Ein Zielflug mit beliebigen Anflugrichtungen zum Funkfeuer wird auch als **Radialflug** bezeichnet. Ein Radialflug liegt auch vor, wenn der Flug vom Funkfeuer hinweg auf einem radialen Kurs erfolgt.

Für den mit funktechnischen Mitteln durchgeführten Zielflug muß an Bord ein Kriterium zur Verfügung stehen, aus dem sich die Richtung zum Zielort bzw. die Abweichung von der Richtung ergibt. Dieses Kriterium ist auf einer ganz bestimmten Linie konstant; eine derartige Linie wird als **Standlinie** bezeichnet. Die für den Zielflug geeignete Standlinie ist die Gerade, die eine bestimmte Richtung (Azimut) angibt. Ferner gibt es die kreisförmige Standlinie, die eine bestimmte Entfernung zu einem festen Punkt beschreibt, und die Hyperbel-Standlinie, die alle Orte konstanter Entfernungsdifferenz zu zwei festen Punkten enthält. Diese Standlinien können ebenfalls unmittelbar für die N. verwendet werden, indem die Flugbewegung längs der betreffenden Standlinie erfolgt. Bei dem früher üblichen Fliegen von kreisförmigen Warteschleifen wurde die kreisförmige Standlinie ausgenutzt. Hyperbel-Standlinien dienen teilweise der N. im Weistreckenverkehr, wobei im wesentlichen die wenig gekrümmten Hyperbeläste oder deren Asymptoten verwendet werden.

Da ein Standort in der Ebene durch den Schnittpunkt von zwei Standlinien gegeben ist, kann z. B. durch die nacheinander erfolgende Ermittlung von zwei Standlinien gleicher oder ungleicher Art an Bord der Standort bestimmt werden. Mit Hilfe einzelner Ortungen ist dann eine N. möglich. Wegen der Zeit- und Streckendifferenzen, die zwischen den einzelnen Ortungen liegen, wird die Navigationsgenauigkeit entsprechend

reduziert. Diese Navigationsmethode kann daher in Lufträumen mit hoher Verkehrsdichte nicht zur Anwendung kommen, sie wird vielmehr vor allem auf Strecken außerhalb der stark beflogenen Gebiete, insbesondere im Weistreckenverkehr, benutzt.

Die N. mit Hilfe kontinuierlich erfolgreicher Ortungen, die in ihrer zeitlichen Folge kontinuierlich den zurückgelegten Flugweg beschreiben, ist verkehrstechnisch und flugsicherungsmäßig die beste Methode. Die Ortung kann nach einem Verfahren der → Funkortung oder nach der klassischen → Koppelnavigation erfolgen. Moderne Verfahren beruhen auf der kontinuierlichen Standortangabe nach dem Doppler-Verfahren (→ Funkortung, II) oder nach dem Inertialverfahren (→ Trägheitsnavigation). Die kontinuierliche Ermittlung des momentanen Standorts mit Doppler- und Trägheitsverfahren ähnelt im wesentlichen dem beim Koppelnavigation angewandten Prinzip, bei dem der momentane Standort ebenfalls aus der zurückgelegten Flugstrecke berechnet wird.

Eine Navigationsmethode, die sich nur auf meteorologische Daten stützt, gibt es in der Luftfahrt nicht. Lediglich für die Höhe können Verfahren gewählt werden, die auf dem Luftdruck basieren und zur Erleichterung der N. beitragen. Hierzu gehören die Verwendung der Flugflächen (Flächen konstanten Luftdruckes, früher Flugebenen genannt, englisch flight levels) sowie die Planung und Durchführung eines Weistreckenfluges mit Bezugnahme auf die barometrische Druckverteilung.

Für die Raumfahrt werden neben den aus der Luftfahrt bekannten Methoden der N. z. T. völlig neue Verfahren angewandt. Die → Raumfahrt-Navigation steht erst am Anfang.

Lit. Henkers u. Rhein: Handb. der Flugnavigation (Berlin 1961); N. auf einsitzigen Flugzeugen (dtisch Berlin 1968); Lehrb. der terrestrischen N. (Berlin 1963); Aufgabensammlung zum Lehrb. der terrestrischen N. (Berlin 1964); → Funkortung, → Nautik.

Navigationslot, → Ultraschallortung.

Navigationssatellit, → Erdsatellit.

Nb, Symbol für → Niob.

nc, altes Kurz. für Nanocurie, → Curie.

nCi, altes Kurz. für Nanocurie, → Curie.

nCi, altes Kurz. für Nanocurie, → Curie.

Nc-Pulver, ein → rauchschwaches Pulver.

Nd, Symbol für → Neodym.

ND, Abk. für → Nenndruck.

NDB, → Funkortung I 1).

Ne, 1) Symbol für → Neon. 2) Kurz. für englische Nummer, → Feinheit.

Nebel, 1) Physik: in Gas feinverteilte Flüssigkeit, ein disperses System mit gasförmigem Dispersionsmittel und flüssigem dispersem Anteil.

2) Meteorologie: kondensierter Wasserdampf in den untersten, bodennahen Luftschichten, der eine Lufttrübung verursacht. Bei N. liegt die Tagessichtweite unter 1 km, eine geringere Lufttrübung bezeichnet man als → Dunst. N. und Wolken sind ihrem Wesen nach gleich und bilden sich durch Abkühlung wasserdampfhaltiger Luft unter die Taupunkttemperatur bei Vorhandensein von Kondensationskernen. Nach den Ursachen der Nebelbildung unterscheidet man 1) **Advektionsnebel**, die durch Transport warmer Luft über eine kalte Oberfläche oder kalter Luft über eine warme Wasseroberfläche entstehen; 2) **Strahlungsnebel**, der infolge mangelnder Gegenstrahlung bei wolkenarmem, wind-schwachem Wetter durch starke Bodenabkühlung verursacht wird, über dem Lande die häufigste Nebelart; 3) **Maritimnebel**, der bei Abkühlung einer maritimen Polarluftmasse über dem Lande entsteht, bringt meist dichten Dauernebel; 4) **Stadtnebel** (→ Smog).

Verkehrsbehinderungen infolge von N. versucht man mittels elektromagnetischen oder akustischen Strahlern zu begegnen, die Orientierungshilfen oder Warnungssignale übermitteln. Im Straßenverkehr finden **Nebelscheinwerfer** Verwendung. Im Eisenbahnbetrieb werden besondere Ankündigungsbaken, gegebenenfalls Nebelposten aufgestellt, um die Stellung der Hauptsignale rechtzeitig anzuzeigen. Im Schiffsverkehr werden **Nebelsignale** mit Dampfpfeife, Typhon (ein Signalhorn) oder Nebelhorn gegeben und Radargeräte eingesetzt. Im Luftverkehr ermöglichen die verschiedenen Mittel der Funktechnik (Anpeilen des Flugzeuges vom Boden aus, Einsatz von Richtsendern und Funkbaken) auch bei N. ein sicheres Landen und Starten (→ Funknavigation, → Schlechtwetterlandung). — Über die künstliche Erzeugung von N. → Nebelmittel.

3) **Astronomie**: schwach leuchtendes, nicht scharf begrenztes Gebiet an der Himmelskugel. Es kann sich dabei um → interstellare Materie handeln (**galaktischer N.**) oder um selbständige → Sternsysteme (**extragalaktischer N.**).

Nebelgeräte, → Pflanzenschutzgeräte.

Nebelhorn, ein Signalapparat auf Schiffen, Feuerschiffen und Landanlagen, der bei Nebel und schlechter Sicht vor der Annäherung an andere Fahrzeuge oder an die Küste warnt. Das N. ist eine mit Dampf oder Druckluft betriebene Pfeife mit tiefem Ton oder eine mit Druckluft, Dampf oder elektrisch in Schwingung versetzte Membran, seltener auch eine Sirene. Die von Schiffen abzugebenden, in der Seestraßenordnung vorgeschriebenen Nebelsignale ermöglichen es unter anderem, Antriebsart und Manövrierfähigkeit zu erkennen.

Nebelkammer, **Wilsonkammer**, ein von dem englischen Physiker C. T. R. Wilson 1912 entwickelter → Strahlungsdetektor, mit dem die Bahnen elektrisch geladener Teilchen sichtbar gemacht und Kernreaktionen beobachtet werden können. Die N. ist ein Gefäß, das mit wasserdampfgesättigter Luft oder einem anderen wasserdampfgesättigten Gas gefüllt ist. Ihre Funktion beruht auf dem Prinzip der Bildung von Kondensationskeimen in übersättigten Dämpfen bei Durchgang elektrisch geladener Korpuskeln.

1) Bei der **Expansionsnebelkammer** vergrößert man plötzlich das Volumen, z. B. durch Zurückziehen eines Kolbens, das Gas dehnt sich adiabatisch aus, und seine Temperatur sinkt unter den Taupunkt. Damit wird der Wasserdampf plötzlich übersättigt. Da die von den Teilchen entlang ihren Flugbahnen gebildeten Ionen als Kondensationskeime wirken, wird der Dampf an diesen entlang der Teilchenbahn zu feinen Tröpfchen kondensiert. Bei seitlicher Beleuchtung kann man die Bahnen der Teilchen als Nebelspuren beobachten und photographieren. Kernreaktionen machen sich durch Verzweigungen, Knicke und sternförmiges Auseinanderlaufen der Nebelspuren bemerkbar. Aus Länge, Stärke und Richtung der Bahnen kann man auf Masse und Geschwindigkeit der Teilchen schließen; aus der Ablenkung im Magnetfeld folgen Größe und Vorzeichen der Ladung. Die N. ist nur unmittelbar nach dem Expansionsvorgang nachweisbereit (etwa 0,01 bis 0,1 s) und nur für solche Teilchen, die während dieser Zeit durch die N. gehen.

2) Bei der **Diffusionsnebelkammer** wird die Diffusion von Dampf, die durch ein großes Temperaturgefälle bewirkt wird, zur Erzeugung einer Zone übersättigten Dampfes ausgenutzt. Dieser Prozeß ist kontinuierlich; im Gegensatz zur Expansionsnebelkammer ist die Diffusionsnebelkammer daher über längere Zeit (einige Stunden) nachweisbereit.

3) Auf einem ähnlichen Prinzip wie die N. beruht die **Blasen-kammer**. Sie ist mit einer über-

hitzten Flüssigkeit gefüllt. Beim Durchgang eines schnellen Teilchens bilden sich an den entstandenen Ionen Dampfbläschen, die ebenfalls als Teilchenspur sichtbar werden. Der Vorteil der Blaskammer besteht darin, daß die Teilchen stärker gebremst werden, die Teilchenspuren infolgedessen kürzer und dadurch besser auswertbar sind. Die Blaskammer ist wie die Expansionsnebelkammer nur für ein kurzes Zeitintervall von 0,01 bis 0,1 s (Zeit zwischen der die Überhitzung bewirkenden Expansion des Dampfes über der heißen Flüssigkeit und der spontanen Verdampfung) nachweisbereit.

Nebelmittel, in der Militärtechnik verwendete Stoffe und Stoffgemische zur Erzeugung künstlicher Nebel. Diese dienen z. B. zum Schutz strategisch wichtiger Objekte vor feindlicher Luftaufklärung. Ferner bieten sie einen gewissen begrenzten Schutz gegen den Lichtblitz und die Hitzewelle von Kernwaffendetonationen.

Die wichtigsten N. sind sublimierende Ammoniumsalze (Salmiakrauch), die bei verhältnismäßig niedriger Erhitzungstemperatur durch eine beigemischte Brandmasse, meist Kaliumchlorat KClO_3 oder Kaliumnitrat KNO_3 , mit einer geringen Beigabe von oxydierbaren Substanzen zur Sublimation gebracht werden. Auch durch rein physikalische Erhitzung von Ammoniumsalz werden künstliche Nebel erzeugt. Zur großangelegten Tarnung ausgedehnter Objekte werden kann heute leicht hydrolysierende Chloride, z. B. Titantrichlorid TiCl_3 , Siliziumtetrachlorid SiCl_4 oder Zinntrichlorid SnCl_4 , und in großem Umfange Chlorschwefelsäure (Chlorsulfonsäure) HSO_3Cl . Auch mit Hilfe der Berger-Mischung (Gemische aus metallischem Zinkstaub, Zinkoxid, Magnesiumoxid und Kohlenstofftetrachlorid) können künstliche Nebel hergestellt werden.

Lit. Klose u. Hartmann: Der Einsatz von N. n. (Berlin 1964).

Nebengestein, das eine Lagerstätte umgebende, nicht nutzbare Gesteine.

Nebenschlußmaschine, eine → elektrische Maschine.

Nebenschlußwiderstand, Shunt, ein Widerstand, der einem Stromverbraucher oder einem Meßapparat parallelgeschaltet wird, so daß durch diesen nur ein Teil des Hauptstromes fließt. Diese Schaltung wird vor allem zur Erweiterung des Meßbereiches von Strommeßinstrumenten angewendet. Fließt z. B. $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{100}$ des Gesamtstromes durch das Meßinstrument, so wird dessen Meßbereich auf das 10- oder 100fache erweitert; die Skala ist meist zum Ablesen des Gesamtstromes eingeteilt. Ortsbeweglichen Meßinstrumenten wird häufig ein ganzer Satz unterschiedlicher Nebenschlußwiderstände zur Einstellung verschiedener Meßbereiche beigegeben.

Nebensprechen, → Fernmeldekabel.

Nebularhypothese, → Kosmogonie.

Neefcher Hammer, → Unterbrecher.

Negativ, → Photographie, Abschn. photographischer Prozeß.

negative Zahlen, reelle Zahlen kleiner als Null, die also weder Null noch positiv sind. Sie werden mit dem negativen Vorzeichen versehen, z. B. -7 , $-b$. Eine n. Zahl läßt sich nicht als Quadrat einer reellen Zahl darstellen. Allgemein definiert man das Negative einer Zahl a (oder eines Elementes a eines Moduls oder Ringes) als diejenige Größe (oder dasjenige Element), die die Gleichung $a + x = 0$ löst.

Negatron, 1) eine Elektronenröhre älterer Bauart, die unter Verwendung einer fallenden Kennlinie (→ Dynatron) Schwingungen erzeugt. Auf der einen Seite einer Glühkatode befindet sich die Anode, auf der anderen ein Gitter und eine Hilfsanode. Wird bei gesättigtem Katodenstrom der Strom zur Hilfsanode durch Erhöhung der Gitter-

spannung vergrößert, dann nimmt der Anodenstrom ab; es entsteht eine fallende Kennlinie.

2) andere Bezeichnung für → Elektron.

Negentropie, negative → Entropie, eine von L. Brillouin in die Informationstheorie eingeführte Bezeichnung für den mittleren Informationsgehalt H . Da der Ausdruck für den Informationsgehalt (bis auf das Vorzeichen) formale Ähnlichkeit mit dem Ausdruck für die Entropie aufweist, wird er zur Unterscheidung von diesem als N. bezeichnet.

Nehrung, Lido [aus dem Italienischen], eine schmale, langgestreckte Landzunge, die ein Haff vom offenen Meer abtrennt.

Neigung, 1) **Neignungsverhältnis**, im Eisenbahn- und Straßenbau das Maß für die Abweichung der Linienführung einer Bahnlinie oder Straße von der Waagerechten, im Eisenbahnbau angegeben in ‰ (Promille), d. i. der Höhenunterschied bezogen auf 1000, im Straßenbau in % (Prozent), d. i. der Höhenunterschied bezogen auf 100. N. im positiven Sinne heißt **Steigung**, im negativen Sinne **Gefälle**, je nachdem, ob das Fahrzeug berg- oder talwärts bewegt wird.

Neben den Bahngleisen oder der Fahrbahn aufgestellte Tafeln (Neigungszeiger, Abb.) weisen auf die N. hin.

2) **Weichenneigung**, → Weiche.

3) svw. → Inklination 2).

Neigungsmesser, ein Gerät, das die Neigung eines Luftfahrzeuges, die durch die Winkel der Längs- und Querachse mit einer Bezugsebene bestimmt ist, anzeigt. N. sind beim Flug ohne Sicht der Erde und des natürlichen Horizontes sowie in großen Höhen (Instrumentenflug) unentbehrlich. Nach der Wahl der Bezugsebene unterscheidet man **Absolutneigungsmesser** (Bezugsebene ist Horizontalebene) und **Relativneigungsmesser** (Bezugsebene ist die zum Scheinlot, d. h. zur resultierenden Beschleunigung senkrechte Ebene). **Längsneigungsmesser** zeigen die Abweichung der Längsachse, **Querneigungsmesser** die Abweichung der Querachse des Luftfahrzeuges gegenüber der Bezugsebene an. Relativneigungsmesser sind Pendelsysteme (Flüssigkeit in einem U-Rohr; Kugel, die sich in einem gekrümmten Rohr bewegt). Viel verwendet werden Flüssigkeits-Längs-N. und Kugellibellen (Relativ-Quer-N.). Absolutneigungsmesser sind Kreiselgeräte, die meist als → künstliche Horizonte kombiniert werden.

Nelkenöl, ein gelbliches ätherisches Öl, das an der Luft nachdunkelt. Es enthält vor allem Eugenol und findet sich in den Blütenknospen von der Gewürznelke. N. wird in der Parfümerie, seltener in der Medizin und Pharmazie verwendet.

Nematizide, chemische Mittel zur Bekämpfung von Nematoden (Fadenwürmer). Als N. dienen Dithiokarbamidsäureabkömmlinge, z. B. Natrium-N-methyl-dithiokarbamat, ferner Mylone (3,5-Dimethyltetrahydro-1,3,5-thiadiazin-2-thion) und Trapez (Methylisothiozyanat).

NE-Metalle, Abk. für → Nichtisenmetalle.

Nennndruck, abg. ND, der Druck, der für Rohrleitungen oder Rohrleitungsnetze die zulässige Beanspruchung festlegt und als Grundlage für die Berechnung der Rohrleitungsteile dient. Nennndrucke sind in Normzahlreihen festgelegt (TGL 0-2401). N. und → Betriebsdruck sind nicht immer gleich groß. Der Betriebsdruck unterschreitet den N. um so mehr, je höher insbesondere die thermische Beanspruchung ist.

Nenner, → Bruch.

Nennleistung, die im Nennbetrieb, d. h. bei Nennspannung, Nennstrom, Nennzahl, Nennleistungsfaktor, aufgenommene bzw. abgegebene Leistung. Bei Generatoren, Motoren, Transformatoren wird unter N. die unter Nennbedingungen dauernd abgebbare Leistung verstanden. Bei Geräten, wie Waschmaschine, Tauchsieder,



Neigungszeiger der Eisenbahn: a Strecke steigt $\frac{4}{100}$, b Strecke fällt $\frac{4}{100}$ (auf 1000 m Länge ergeben sich 4 m Höhenunterschied), c Strecke waagrecht

Fernsehgerät, versteht man unter N. die aufgenommene Leistung, → Leistungsaufnahme.
Nennmaß, → Toleranz.

Nennspannung, die elektrische Spannung, die in einem Netz, an einem Punkte des Netzes gegen Erde oder an elektrischen Anlagen, Apparaturen und Geräten herrschen soll oder für die Maschinen, Apparate und Geräte gebaut sind. Genormte N.en über 100 V für Gleichstrom: 110, 220, 440, 600, 750, 1200, 1500, 2400 und 3000 V; für Drehstrom von 50 Hz: 127, 220, 380, 500, 2000, 3000, 5000, 6000, 10000, 15000, 20000, 25000, 30000, 110000, 220000 und 380000 V (TGL 17872). Die bei Betrieb tatsächlich herrschende Spannung heißt *Betriebsspannung*. Sie soll der N. möglichst gleichen, weil bei größeren Differenzen die Geräte Schaden leiden. Abweichungen bis 5 % sind normal. Sie entstehen durch die wechselnde Belastung des Netzes.

Nennweite, abg. NW, ein Begriff zur Kennzeichnung der zueinander passenden Einzelteile einer Rohrleitung, z. B. Rohre, Flansche, Formstücke, Armaturen und Rohrverschraubungen. N.n sind in Normzahlreihen abgestuft und werden in mm angegeben. In TGL 0-2402 sind zu jeder N. der zugehörige Rohraußendurchmesser und die Wanddicke der Rohre angegeben. Daraus kann der Rohrinwenddurchmesser bestimmt werden, der im allgemeinen annähernd mit der N. übereinstimmt. Völlige Übereinstimmung ist nicht in allen Fällen möglich, da Außenabmessungen der Rohre, Formstücke und Armaturen mit Rücksicht auf ihre Herstellung festgelegt werden und die Wanddicke je nach Nenndruck und Rohrwerkstoff verschieden ausgeführt werden muß.

Neodym, Symbol Nd, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 60, Massenzahlen der Isotope 142, 143 bis 146, 148 und 150, Atomgewicht 144,24 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, F. $1024 \pm 5^\circ\text{C}$, Kp. 300°C ; 1885 von Auer von Welsbach in Form seines Oxids gefunden. N. ist schwach gelblich. In der Natur kommt es relativ häufig in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen — stets zusammen mit Praseodym, — vor, meist als Phosphat oder Silikat. Zur Gewinnung von reinem N. wird das bei der Erzaufbereitung erhaltene Neodym-Praseodym-Gemisch chemisch getrennt. Man verwendet N. hauptsächlich in Form von → Zer-Mischmetall. Reines N. eignet sich als Legierungsmittel für warmfeste, zirkoniumhaltige Magnesiumlegierungen, wie sie z. B. in Flugzeugtriebwerken gebraucht werden. **Neodymoxid** Nd_2O_3 , ein lichtblaues, rot fluoreszierendes Pulver, wird in der Porzellanmalerei, zum Färben von Glas für Sonnenschutzbrillen und Email verwendet.

Neogen, → Tertiär.

Neon, Symbol Ne, chemisches Element aus der 0. oder VIII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Edelgase; Ordnungszahl 10, Massenzahlen der Isotope 20, 22 und 21, Atomgewicht 20,183 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit 0, D. $0,6280 \text{ g cm}^{-3}$ (bezogen auf Sauerstoff = 1), F. bei 760 Torr — $248,6^\circ\text{C}$, Kp. bei 760 Torr — $245,98^\circ\text{C}$, Litergewicht 0,90035 g bei 0°C und 760 Torr, kritische Temperatur — $228,7^\circ\text{C}$, kritischer Druck 26,9 atm; 1898 von Ramsay entdeckt. N. ist in der Luft in Spuren, in Vulkan-, Erd- und Quellgasen sowie in schlagenden Wintern enthalten. Auf den Fixsternen ist N. nach Wasserstoff und Helium das dritthäufigste Element. Es wird durch fraktionierte Destillation von flüssiger Luft gewonnen und fast ausschließlich in der Beleuchtungstechnik als Füllgas verwendet. Neongefüllte Hochspannungsrohren (Neonröhren, → Leuchtröhre) für Reklame- und Signalzwecke liefern ein prächtiges scharlachrotes Licht.

Neonröhre, → Leuchtröhre.

Neoprene, → Elaste, Übers.

Neozoikum, die Neuzeit der Erde (→ System, Tab.).

Neper, Kurzz. Np, früher N, nach dem schottischen Mathematiker J. Napier oder Neper benanntes Kennwort für den natürlichen Logarithmus des Verhältnisses zweier gleicher Größenarten, z. B. zweier Spannungen U ; κ (in Np) = $\ln \frac{U_1}{U_2}$. Beispiele: $\frac{U_1}{U_2} = 2$ entspricht $\kappa = 0,7 \text{ Np}$;

$\frac{U_1}{U_2} = 100$ entspricht $\kappa = 4,6 \text{ Np}$. Das N. wird besonders in der Nachrichtentechnik verwendet. $1 \text{ Np} = 8,686 \text{ dB}$ (Dezibel). **Millineper**, Kurzz. mNp, = 10^{-3} Np .

Nepelin, ein → Feldspatvertreter.

Nephelinsyenit, Foyait, ein alkalireiches, basisches Tiefengestein, das neben Orthoklas Nephelin (in Form des entmischten, trüben Eläoliths, daher auch **Eläolithsyenit**) und nur wenig dunkle Minerale enthält. N. entspricht chemisch dem Phonolith.

Nephelometrie, ein Verfahren der quantitativen Analyse zur Bestimmung des Gehaltes an trübenden Stoffen aus der Intensität des Streulichtes, das auf Grund des → Tyndall-Phänomens an schwebenden Partikeln entsteht. Diese Intensität läßt sich entweder direkt messen (**Streulichtmessung**, **Tyndallometrie**) oder aus der Schwächung des durchtretenden Lichtes indirekt ermitteln (**Trübungsmessung**, **Turbidimetrie**).

Nephrit, ein → Amphibol.

Neptun, ein Planet, Zeichen ♆ . Seine visuelle Helligkeit ist die eines Sternes 8. Größe. Sein Durchmesser beträgt 44 600 km, seine Entfernung von der Sonne im Mittel 4498 Millionen km, die Umlaufzeit um die Sonne 164,78 Jahre.

Auf der Scheibe des Planeten sind Einzelheiten nicht zu erkennen; die Rotationszeit von 15 Stunden 40 Minuten ist auf spektroskopischem Wege abgeleitet worden. Aus der Bewegung der Knotenlinie des einen Mondes in der Ebene des Planetenäquators nach Osten muß man auf eine beträchtliche Abplattung des Planeten schließen. Da die Sonnenstrahlung auf dem N. nur 1/900 des irdischen Wertes beträgt, dürfte seine Oberflächentemperatur bei etwa -200°C liegen.

Der N. besitzt 2 Monde (→ Satellit). Entdeckt wurde er 1846 von Galle (1812–1910), nachdem seine Bahn aus den Störungen der Uranusbahn von Leverrier und Adams berechnet worden war. Weiteres → Planet, Übers.

Neptunium, Symbol Np, radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 93, Massenzahlen der bekannten Isotope 231 bis 241 (das stabilste Isotop ^{237}Np hat eine Halbwertszeit von $2,2 \cdot 10^6$ Jahren), Wertigkeit IV, VI, seltener V, in weniger beständiger Form auch III, D. $20,5 \text{ g cm}^{-3}$, F. 640°C . N. ist ein silberweißes, duktiles Metall. Es wurde 1940 von McMillan und Abelson in Form des Isotops ^{239}Np als Zerfallsprodukt des Uranisotops ^{238}U entdeckt. Von dem langlebigen Isotop ^{237}Np , das ein Zerfallsprodukt des Uranisotops ^{235}U ist, leitet sich die radioaktive Zerfallsreihe, die Neptunium-Zerfallsreihe, ab (→ Radioaktivität). Da im Uran-Reaktor auch die Bildung der Uranisotope 237 und 239 erfolgt, erhält man in diesem auch das langlebige Neptuniumisotop 237. Das gleichfalls entstehende Isotop ^{233}Np zerfällt rasch in ein beständigeres Plutoniumisotop ^{233}Pu .

neritisch, → Meer.

Nernstsche Gleichung, eine Gleichung, die den Zusammenhang zwischen dem Potential E einer

Nernstscher Wärmesatz

Elektrode und den Aktivitäten a von elektroaktiven Stoffen in der sie umgebenden Lösung beschreibt. So gilt z. B. für den Vorgang S_{Red}

$$\rightleftharpoons S_{\text{Ox}} + ne \text{ die Gleichung } E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}},$$

wobei E_0 = Normalpotential (\rightarrow Spannungsreihe) derentsprechenden Reaktion, R = Gaskonstante, T = absolute Temperatur und F = Faraday-Konstante ist. Die Aktivitäten fester und gasförmiger an der Reaktion beteiligter Phasen (\rightarrow Elektrode) können in E_0 einbezogen werden.

Nernstscher Wärmesatz, \rightarrow Hauptsätze der Thermodynamik.

Nervengifte, Substanzen, die nach Resorption der Haut, Schleimhaut oder nach Inhalation vorwiegend in das Zentralnervensystem eindringen. Sie sind z. T. gasförmig (daher oft unexakt auch als **Nervengase** bezeichnet) und rufen Lähmungen (z. B. des Atemzentrums), allgemeine Betäubung, Halluzinationen, Psychosen, Krämpfe und Nervenzündungen hervor. Einige N. sind chemische Kampfstoffe, vor allem die Phosphorsäureesterkampfstoffe (Deckbezeichnungen Tabun, Sarin, Soman). Eine besondere Gruppe der N. sind die \rightarrow Psychogifte und die \rightarrow V-Stoffe.

Nelliers Reagens, ein Reagens zum Nachweis von Ammoniak, das aus einer alkalischen Lösung von Kaliumquecksilberjodid besteht. Beim Versetzen der Probelösung mit einigen Tropfen von N. R. tritt bei Anwesenheit von Ammoniak Braunfärbung ein.

Nettoregistertonne, \rightarrow Registertonne.

Netz, 1) die Gesamtheit der miteinander zusammenhängenden Verteilungsleitungen und der zugehörigen Einrichtungen eines Versorgungssystems für Wasser, Gas, Dampf, elektrische Energie sowie der Fernmeldetechnik, des Verkehrs u. a. Die in einem **Elektrizitätsnetz** herrschende Spannung heißt **Netzspannung**. Man unterscheidet Höchstspannungsnetze (300 bis 400 kV), Hochspannungsnetze (100 bis 200 kV), Mittelspannungsnetze (6 bis 60 kV) und Niederspannungsnetze (0,4 kV). Überlandnetze sind Höchst- und Hochspannungsnetze, Ortsnetze gewöhnlich nur Niederspannungsnetze, in größeren Orten zusammen mit Mittelspannungsnetzen. Nach TGL werden N.e unter und über 1000 V unterschieden. In der Einhaltung der vorgesehenen Netzspannung (unter gleichzeitiger Einhaltung der Periodenzahl) liegt die praktische Leistung der Elektroenergieversorgung.

2) ein aus \rightarrow Netztuch hergestelltes Erzeugnis. Schlauchnetze werden auch nach dem Extruderverfahren erzeugt.

Netzätzung, swv. \rightarrow Autotypie.

Netzebene, \rightarrow Kristall.

Netzentwürfe, \rightarrow Kartennetzentwürfe.

Netzmittel, zu den \rightarrow grenzflächenaktiven Stoffen gehörende organisch-chemische Verbindungen. Als N. werden heute fast ausschließlich synthetische Produkte benutzt, z. B. Alkylsulfate, Alkylsulfonate, Alkylarylsulfonate, Fettsäurekondensationsprodukte und Polyglykoläther. N. werden hauptsächlich in der Waschmittelindustrie und Textilindustrie verwendet.

Lit. Gawalek: Wasch- und Netzmittel (Berlin 1962).

Netzplantechnik, swv. \rightarrow Netzwerktechnik.

Netzsonde, ein Gerät zur \rightarrow Ultraschallortung.

Netztuch, ein aus Fäden (Seiden, Zwirne, geflochtene Schnüre) bestehender textiler Stoff, aus dem Netze hergestellt werden. Bei der Netzmontage werden die zugeschnittenen Netzteile an Tauwerk „angeschlagen“ (befestigt). Netztücher werden meist maschinell durch \rightarrow Knüpfen hergestellt. Knotenlose Netztücher kann man auf Kettenwirkmaschinen herstellen oder durch Weben, Zusammenklammern der Fäden zweier Fadensysteme oder nach der Zwirnfluchttechnik.

Netzwerktechnik, **Netzplantechnik**, **Netzwerkplanung**, Bezeichnung für mathematische Methoden zur Planung und Kontrolle umfangreicher und komplizierter Vorhaben und Vorgänge in der Volkswirtschaft, z. B. Investitionsvorhaben, Produktionsprozesse, Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. Bei allen Methoden der N. basieren die Berechnungen bezüglich des zeitlichen Verlaufes, möglicherweise auch des Aufwandes an Kosten und weiteren Kapazitäten (z. B. Arbeitskräfte, Material, Maschinen) auf einem **Netzwerk (Netzwerkdiagramm)**. In ihm wird der logische bzw. technologische Ablauf des Vorganges mit allen seinen Verflechtungen graphisch dargestellt; zeitbeanspruchende Elemente werden im allgemeinen als **Aktivitäten**, terminbestimmende als **Ereignisse** bezeichnet. Der zeitlich längste Weg durch das Netzwerk ist der **kritische Weg**; von der Länge des kritischen Weges ist der Abschlußtermin des Gesamtvorganges unmittelbar abhängig.

Grundlegende Netzwerkmethoden sind CPM (Abk. für englisch critical path method ‚Methode des kritischen Weges‘) und PERT (Abk. für englisch program evaluation and review technique ‚Verfahren zur Berechnung und Überwachung eines Programmes‘). Das mathematische Modell von CPM basiert auf festen Größen (deterministisches Modell), bei PERT wird mit Zufallsgrößen gearbeitet (stochastisches Modell). Beide Methoden bilden die Grundlage für zahlreiche Verfeinerungen und Weiterentwicklungen in verschiedenen Richtungen, z. B. LESS, (MS)², PEP, RAMPS.

Lit. Franke: Netzwerkplanung im Bauwesen (2. Aufl. Berlin 1967); Wunsch: Theorie und Anwendung linearer Netzwerke, 2 Tle (Leipzig, Tl 1 1961, Tl 2 1964).

Neue Kerze, Kurzz. **NK**, alte Einheit der Lichtstärke, ersetzt durch Candela (Kurzz. cd). 1 NK = 1 cd.

Neuerer Methoden, neue Arbeitsmethoden, die unter sozialistischen Produktionsverhältnissen von den Werktätigen (Neuerern) aus persönlichem Interesse an der Verbesserung der Arbeitsweise entwickelt, bei der eigenen Arbeit angewandt und verallgemeinert auf andere Arbeitsprozesse übertragen werden. Nach ihrer Erprobung können N. als \rightarrow Neuerervorschlag gesellschaftliche Anerkennung finden. N. tragen dazu bei, die Arbeitsproduktivität zu steigern, Selbstkosten zu senken, die Arbeit zu erleichtern, und sie erschließen innere Reserven.

Man unterscheidet N. technologischer und nichttechnologischer Art. 1) Bei **N. technologischer Art** verändert sich die Arbeitsweise, und die technischen, technologischen und organisatorischen Bedingungen im Arbeitsprozeß werden verbessert. Solche N. sind z. B. die Kolesow-Methode in der Metallzerspanung (Erhöhung der Zerspanungsleistung durch Schneidwerkzeuge mit neuartiger Schneidgeometrie). Kennzeichnend für diese Art der N. ist, daß sie sich nur auf gleiche oder ähnlich geartete Arbeitsprozesse übertragen lassen, z. B. die Kolesow-Methode nicht nur beim Drehen, sondern auch beim Fräsen und Hobeln. 2) **N. nichttechnologischer Art** sind hervorragende Äußerungsformen der Masseninitiative. Sie stellen neue Methoden des sozialistischen Wettbewerbs, der Verpflichtungsbewegung und der Teilnahme der Arbeiter an der Lenkung und Leitung des Betriebes dar, z. B. die \rightarrow Mamaimethode. N. dieser Art unterscheiden sich von den N. technologischer Art dadurch, daß ihre Verbreitung und Anwendung nicht an gleiche oder ähnlich geartete Arbeitsprozesse gebunden ist. So kann z. B. die Mamaimethode im Bergbau, im Bauwesen, im Maschinenbau oder anderen Industriezweigen auch bei unterschiedlichsten Arbeitsbedingungen und bei den verschiedenartigsten Arbeitsprozessen angewandt werden.

Neuerervorschlag, früher **Verbesserungsvorschlag**, ein schöpferischer Beitrag der Werktätigen zur Verbesserung der sozialistischen Produktion und der Verwaltungsarbeit. Neuerervorschläge tragen entscheidend dazu bei, den wissenschaftlich-technischen Höchststand in der sozialistischen Produktion zu erreichen, und sind in zunehmendem Maße das Ergebnis sozialistischer Gemeinschaftsarbeit von Arbeitern und Angehörigen der Intelligenz. Neuerervorschläge finden ihre gesellschaftliche Anerkennung in Urkunden und Auszeichnungen sowie in Prämien und anderen finanziellen Vergütungen.

neues ökonomisches System der Planung und Leitung, ein Instrument der sozialistischen Wirtschaftsführung, mit dessen Hilfe die Aufgaben des umfassenden Aufbaues des Sozialismus und der technischen Revolution gelöst, der Übergang vom Kapitalismus zum Sozialismus mit dem vollständigen Sieg des Sozialismus vollendet und das eigentliche ökonomische System des Sozialismus in der DDR geschaffen wird. Es bildet ein System verstärkter ökonomischer Leitung der Volkswirtschaft und beruht auf der vollen Ausnutzung des Systems der ökonomischen Gesetze des Sozialismus. Seinen wesentlichen Bestandteilen nach stellt es die ökonomische Verbindung von wissenschaftlich fundierter Führungstätigkeit und wissenschaftlich begründeter, auf die Perspektive orientierter zentraler staatlicher Planung dar unter umfassender Anwendung des Prinzips der materiellen Interessiertheit mittels eines in sich geschlossenen Systems → ökonomischer Hebel. Nachdem die Aufgaben der ersten Etappe des neuen ökonomischen S.s. erfolgreich gelöst wurden, besteht das Hauptkettenglied der zweiten Etappe seiner Durchführung darin, der Perspektiv- und Jahresplanung eine neue Qualität zu geben, die neuen Erkenntnisse der ökonomischen Wissenschaften, besonders der Theorie der Volkswirtschaftsplanung, in die Praxis der Planungsorgane zu überführen, einen höchstmöglichen Zuwachs an Nationaleinkommen zu erreichen und seine zweckmäßigste Verwendung zu gewährleisten.

Neugrad, Gon, Kurz. $^{\circ}$, gesetzliche Einheit des ebenen Winkels. Der N. ist der 100ste Teil des rechten Winkels. $1^{\circ} = \frac{\pi}{200}$ rad (Radiant)

$= (10^{-2})^{\circ}$ (Rechter) $= 15,708 \cdot 10^{-7}$ rad. **Zentigon**, Kurz. $^{\circ}$, $= (10^{-2})^{\circ} = 1$ Neumminute.

Neumminute, Kurz. $^{\circ}$, gesetzliche Einheit des ebenen Winkels. $1^{\circ} = (10^{-2})^{\circ} = 15,708 \cdot 10^{-5}$ rad.

Neusekunde, Kurz. $^{\circ}$, gesetzliche Einheit des ebenen Winkels. $1^{\circ} = (10^{-2})^{\circ}$ (Neumminute) $= 15,708 \cdot 10^{-7}$ rad (Radiant).

Neusilber, silberähnliche Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen mit 34 bis 12 % Zink, 10 bis 25 % Nickel, Rest Kupfer. Sie waren früher unter Namen wie **Argentan**, **Alpaka**, **Packfong**, **Deutsches Silber**, **Chinasilber**, **Kunstsilber** im Handel und werden für medizinische und feinmechanische Geräte, Tafelgerät, Küchengeräte, Schmuck, Uhrengehäuse u. a. verwendet.

neutrale Faser, → Biegung.

neutrale Linie, svw. → Nulllinie.

Neutralisation, 1) Chemie: die Umsetzung einer Säure mit einer Base bis zu dem Punkt (**Äquivalenz- oder Neutralpunkt**), an dem die Lösung weder sauer noch basisch reagiert. Die N. beruht auf der Vereinigung von Wasserstoffionen und Hydroxidionen zu praktisch undissoziiertem Wasser, während die Kationen der Base und die Anionen der Säure sich an der Reaktion nicht beteiligen, z. B. $\text{Na}^+\text{OH}^- + \text{H}^+\text{Cl}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+\text{Cl}^-$. Am Neutralpunkt ist also die Konzentration der H^+ -Ionen gleich der der OH^- -Ionen. Die bei der N. frei werdende Wärme heißt **Neutralisationswärme**, sie beträgt je Mol des ent-

stehenden Wassers — 13,75 kcal. Neutralisationsvorgänge spielen eine große Rolle, z. B. bei der Alkalimetrie und Azidimetrie, bei der Düngung und beim Hochofenprozeß.

2) Funktechnik: die Beseitigung einer unerwünschten Neigung zur Selbsterregung, insbesondere bei Hochfrequenzverstärkerstufen in Sendern oder Empfängern. Diese Neigung entsteht durch Rückwirkung z. B. von der Anode auf das Steuergitter bei Röhren oder vom Kollektor zur Basis beim Transistor.

Neutralisationsanalyse, Teilgebiet der Volumetrie. Die Bestimmung des Gehaltes von Säuren oder die von gelösten sauren Salzen mit verdünnten Basen genau bekannter Konzentration (→ Normallösung) heißt **Azidimetrie**, die von Basen, Karbonaten u. a. mit verdünnten Säuren genau bekannter Konzentration **Alkalimetrie**. **Neutralisationszahl**, abg. **NZ**, die Zahl, die angibt, wieviel mg Kaliumhydroxid KOH erforderlich sind, um die in 1 g Fett oder fettem Öl enthaltenen gesamten freien Säuren (Mineralsäuren und organische Säuren) zu neutralisieren.

Neutrino, Zeichen ν_e , ν_μ , hypothetisch eingeführtes und experimentell nachgewiesenes leichtes Elementarteilchen, das zur Klasse der Leptonen gehört. Das N. hat den Spin von $1/2$, die Ruhmasse (annähernd) Null, keine Ladung und keine nachweisbaren elektrischen und magnetischen Momente. Die Einführung des N.s wurde durch Widersprüche zum Energie- und Drehimpulserhaltungsgesetz beim Betazerfall radioaktiver Kerne notwendig. Die bei Kernreaktionen frei werdende Energie ist gleich der Differenz der Energien von Ausgangs- und Endkern. Diese Energien besitzen diskrete (bestimmte) Werte, während die emittierten Betastrahlen ein kontinuierliches Energiespektrum haben. Dieser Widerspruch zwischen diskreten Energiewerten einerseits und kontinuierlichem Energiespektrum andererseits wurde durch die hypothetische Einführung des N.s 1931 von Pauli behoben, wonach bei der Betaemission gleichzeitig mit einem Beta-Teilchen ein N. emittiert wird. Die konstante Energiedifferenz zwischen Ausgangs- und Endkern kann sich somit beliebig auf das Beta-Teilchen und das N. verteilen. Außerdem war der Drehimpulserhaltungssatz bei der Betaemission nicht erfüllt. Nach der Fermi-Dirac-Statistik (→ statistische Mechanik) haben Proton, Neutron und Beta-Teilchen einen Spin vom Betrag $1/2$. Die in der Praxis beobachtete Umwandlung Neutron → Proton + Beta-Teilchen ist in dieser Form nicht möglich; sie geht erst vorstatten bei Anwesenheit eines 4. Teilchens, nämlich des N.s, das deshalb einen Spin vom Betrag $1/2$ haben muß. Da das N. mit allen anderen Teilchen eine äußerst schwache Wechselwirkung besitzt, gelang der experimentelle Nachweis erst in den Jahren 1953 bis 1960 durch Cowan und Reines, und zwar unter anderem durch die Reaktion Proton + Neutrino → Neutron + Positron.

Auf Grund von im Jahre 1962 in Genf und Brookhaven durchgeführten Versuchen wurde endgültig sichergestellt, daß es zwei verschiedene N.s gibt: das in Verbindung mit Elektronen auftretende e-Neutrino und das zusammen mit μ -Mesonen vorkommende μ -Neutrino. Zu jedem der beiden N.s gibt es das entsprechende **Antineutrino** (Zeichen $\bar{\nu}_e$, $\bar{\nu}_\mu$; → Antiteilchen), so daß man insgesamt vier N.s unterscheiden muß, die in folgenden Reaktionen auftreten:

Neutron → Proton + Elektron + e-Antineutrino,
Proton → Neutron + Positron + e-Neutrino,
 π -Meson (π^+) → μ -Meson (μ^+) + μ -Neutrino,
 π -Meson (π^-) → μ -Meson (μ^-) + μ -Antineutrino.

Neutron, Zeichen n oder n_0 , ein schweres Elementarteilchen, das zur Klasse der Baryonen gehört, und zwar mit den Protonen zu den Nukleonen. Seine Masse beträgt 939,550 MeV und ist

damit nur $1,5\%$ größer als die des Protons. Infolge dieser Massedifferenz kann das N. unter Aussendung eines Neutrinos in ein Proton und ein Elektron zerfallen. N.en sind also Betastrahler mit einer Halbwertszeit von etwa 12 min. Das N. hat den Spin $\frac{1}{2}$ und genügt somit der Fermi-Dirac-Statistik (\rightarrow statistische Mechanik). Trotz seiner Ladungslosigkeit hat das N. ein magnetisches Moment von $-1,913$ Kernmagnetonen, das dem Spin entgegengerichtet ist und durch das umgebende Mesonenfeld hervorgerufen wird. Das Mesonenfeld bewirkt zwischen Proton und N. bei Annäherung auf etwa 10^{-13} cm eine Austauschkraft (\rightarrow Austauschenergie), die die Bindungskraft jedes Atomkerns darstellt. N.en haben große Bedeutung für die künstlichen Kernumwandlungen, da sie auf Grund ihrer Ladungslosigkeit leicht in Kerne eindringen. Das N. ist als freies Teilchen nicht beständig.

Die an die Atomkerne gebundenen N.en werden nur durch Kernreaktionen frei. Geschosse zur Auflösung von N.en sind Protonen, Deuteronen, Alphateilchen oder Quanten.

Das N. wurde bereits 1920 von E. Rutherford als Kernbaustein vorausgesagt. Der Nachweis aber gelang erst 1932 durch Chadwick bei der Beschießung von Beryllium mit Alphastrahlen. Später wurden N.en auch in der Höhenstrahlung als Kerntrümmer nachgewiesen.

Dem N. wird als Antiteilchen das **Antineutron**, Zeichen \bar{n} , zugeordnet. Es hat die gleiche Masse, aber ein entgegengesetztes magnetisches Moment wie das N. und ist ebenfalls ohne elektrische Ladung. Das Antineutron wurde 1956 entdeckt und aus Antiprotonen experimentell dadurch erzeugt, daß diese ihre elektrische Ladung abgaben. \rightarrow Elementarteilchen (Tab.).

Lit. Wlassow: N.en (dtsh Berlin 1959).

Neutronenbombe, \rightarrow Kernwaffen.

Neutronenquellen, Anordnungen zur Erzeugung von Neutronen. Außer im \rightarrow Kernreaktor können Neutronen durch spezielle Kernreaktionen, z. B. (α , n)-, (γ , n)-, (p, n)- oder (d, n)-Reaktionen gewonnen werden. Symbolisch schreibt man in der Klammer an erster Stelle das Zeichen des Projektils (hochenergetisches geladenes Teilchen oder Quant), das die Reaktion auslöst, an zweiter Stelle das Zeichen des gewonnenen Teilchens (hier n für das Neutron). Als Quellen für die Projektile dienen Radionuklide oder Teilchenbeschleuniger.

Als α -Strahler dient meist Radium (Ra) oder Polonium (Po). Mischungen von Beryllium (Be) mit geeigneten Radium- bzw. Poloniumsalzen werden als Ra-Be- bzw. Po-Be-Neutronenquellen bezeichnet. Ihre Quellstärke wird durch die Aktivität des jeweiligen α -Strahlers angegeben. So liefert eine Ra-Be-Quelle von 1 Ci (Curie) Stärke etwa $2 \cdot 10^7$ Neutronen je Sekunde, eine gleich starke Po-Be-Quelle nur etwa $3 \cdot 10^6$ Neutronen je Sekunde. Die Neutronenspektren dieser Quellen reichen bis etwa 14 MeV (Megaelektronenvolt), die mittlere Energie liegt um 5 MeV. Bei Benutzung von Teilchenbeschleunigern als Quelle der α -Teilchen lassen sich wesentlich höhere Neutronenausbeuten erreichen.

Mit (γ , n)-Quellen können monoenergetische Neutronen erzeugt werden, d. s. Neutronen, die alle eine gleiche Energie besitzen. Zum Beispiel erzeugen die γ -Quanten von 1 Ci Radium bei der Reaktion ${}^9\text{Be} + \gamma \rightarrow {}^9\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ etwa $3 \cdot 10^6$ Neutronen je Sekunde und γ -Quanten von 1 Ci Natrium-24 bei der Reaktion ${}^{24}\text{Na} + \gamma \rightarrow {}^{23}\text{Na} + {}^1_0\text{n}$ etwa $3 \cdot 10^6$ Neutronen (mit einer Energie von 0,22 MeV) je Sekunde. Auch hier können die mit Hilfe von Linearbeschleunigern oder Betatrons erzeugten γ -Quanten beispielsweise von 10 bis 30 MeV bei der Reaktion ${}^{63}\text{Cu} + \gamma \rightarrow {}^{63}\text{Cu} + {}^1_0\text{n}$ etwa 10^7 bis 10^8 Neutronen je Sekunde erzeugen.

Auch (p, n)-Reaktionen liefern monoenergetische Neutronen, deren Energie mit der Energie der Protonen (p) verändert werden kann. Benutzt werden z. B. die Reaktionen ${}^7\text{Li} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^7\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ und ${}^3\text{T} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^3\text{H} + {}^1_0\text{n}$, bei denen die in einem Teilchenbeschleuniger auf eine Mindestenergie von etwa 2 MeV beschleunigten Protonen auf Lithium (Li) oder Tritium (T) geschossen werden. Bei geringer Protonenenergie tritt diese Reaktion nicht ein.

Die (d, n)-Reaktionen zeichnen sich durch große Neutronenausbeuten aus. Sie liefern z. T. monoenergetische Neutronen, deren Maximalenergie nur durch die Energie der Deuteronen (d) beschränkt ist. Häufig angewendet werden die Reaktionen ${}^2\text{D} + {}^2\text{D} \rightarrow {}^3\text{He} + {}^1_0\text{n}$ bzw. ${}^3\text{T} + {}^2\text{D} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Je μA (Mikroampere) Deuteronenstrom und je Sekunde liefern diese Reaktionen etwa 10^7 Neutronen einer Mindestenergie von etwa 2,4 MeV bzw. etwa 10^8 Neutronen von mindestens 14 MeV. Auch bei unveränderter Deuteronenenergie sind durch die Abhängigkeit der Neutronenenergie vom Flugwinkel monoenergetische Neutronen in einem großen Energiebereich vorhanden. Bei großer Deuteronenenergie können auch (d, 2n)-Prozesse auftreten.

Neutronstern, hypothetischer Typ eines überdichten Sterns, der als Überrest eines Supernovaausbruches angenommen wird. Ein N. soll im wesentlichen aus Neutronen bestehen und bei einem Radius von einigen Kilometern eine Dichte von etwa 10^{14} g cm $^{-3}$ haben. Bisher sind N.e nicht beobachtet worden.

Newton, Kurz. N, früher Groß-Dyn, nach dem englischen Physiker I. Newton benannte, gesetzliche Einheit der Kraft. Das N. ist die Kraft, die der Masse 1 Kilogramm die Beschleunigung 1 Meter/Quadratsekunde erteilt. $1 \text{ N} = 1 \text{ m kg s}^{-2}$. **Dekanewton**, Kurz. daN, = 10 N (besonders in Frankreich gebräuchlich). **Kilonewton**, Kurz. kN, = 10^3 N.

Newtonmeter, Kurz. Nm, gesetzliche Einheit der Arbeit, Energie und Wärmemenge, gleichbedeutend mit Joule und Wattsekunde. Weiteres \rightarrow Joule. $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$ (Joule) = 1 Ws (Wattsekunde).

Newtonsche Axiome, drei von dem englischen Naturforscher I. Newton aufgestellte Grundgesetze der Mechanik. 1) Jeder Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, solange er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern (**Trägheitsgesetz**). 2) Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach der jene Kraft wirkt (**Impulssatz**); oder anders formuliert: Kraft (F) = Masse (m) \cdot Beschleunigung (a) (**dynamisches Grundgesetz**). 3) Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich (actio = reactio) oder: die Wirkung zweier Körper aufeinander ist stets gleich und von entgegengesetzter Richtung (**Reaktionsprinzip** oder auch **Wechselwirkungsgesetz**). Durch die Anwendung dieser Gesetze auf die Himmelskörper fand Newton das Gravitationsgesetz (\rightarrow Massenanziehung), mit dem er die Bewegung der Planeten um die Sonne sowie Ebbe und Flut erklärte und die Abplattung der Erde, die Masse der Planeten, die Schwerkraft auf ihren Oberflächen und die Bewegungen der Erdoberfläche berechnete.

Newtonsche Flüssigkeit, eine Flüssigkeit, in der die Schubspannung τ dem Newtonschen Reibungsgesetz gehorcht, wonach τ proportional der Ableitung der Geschwindigkeit v nach der senkrecht zu v verlaufenden Koordinate n ist. $\tau = \eta \frac{dv}{dn}$. Der Proportionalitätsfaktor η ist dabei die Viskosität. Flüssigkeiten, bei denen dieses

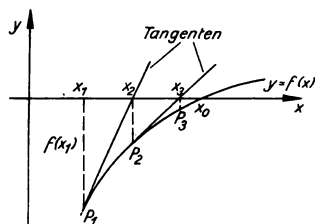
Gesetz nicht gilt, heißen Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten.

Newtonsche Ringe, eine Interferenzerscheinung des Lichts (→ Interferenz), die entsteht, wenn man eine schwach gekrümmte Linse auf eine ebene Glasplatte legt. Um den Berührungspunkt sieht man im weißen Tageslicht eine Anzahl farbigter Ringe, in einfarbigem Licht (z. B. einer Natriumflamme) helle und dunkle Ringe. Im letzteren Falle läßt sich die Wellenlänge des Lichts durch Ausmessung der Linsenkrümmung und des Abstandes der Ringe berechnen. Die N.n. R. sind ein Spezialfall der → Farben dünner Blättchen. Das dünne Blättchen ist hier die Luftschicht zwischen der ebenen und der sphärischen Glasfläche.

Newtonsches Näherungsverfahren, Methode zur Bestimmung von Näherungswerten für die reellen Wurzeln einer Gleichung $x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_n = f(x) = 0$. Ist x_1 infolge erster Näherung als Näherungswert einer Wurzel x_0 der Gleichung bekannt, so ergibt sich eine bessere Näherung aus

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}.$$

Verfährt man nun mit x_2 so wie mit x_1 und wiederholt das Verfahren für x_3, x_4, \dots usw., so kann man weitere, noch bessere Näherungswerte gewinnen.



Man erreicht dadurch eine sukzessive (schrittweise) Annäherung an den wahren Wert x_0 . Das Newtonsche N. wird auch als **Tangenten-näherungsverfahren** bezeichnet, denn die Kurve der Funktion wird ersetzt durch ihre Tangente im Näherungspunkt P_1 (bzw. P_2, P_3, \dots). Gegenüber der → Regula falsi hat das Newtonsche N. den Vorteil der einfachen Rechnung, versagt jedoch, wenn die Kurve $f(x)$ an der Näherungsstelle nahezu parallel zur x-Achse verläuft oder wenn zwischen dem wahren Wert und dem Näherungswert eine Extremstelle liegt.

Newtonsekunde, Kurzz. Ns, Einheit des Impulses. 1 N. ist der Impuls, den die Kraft 1 Newton in 1 Sekunde erteilt. 1 Ns = 1 m kg s⁻¹.

nF, Kurzz. für Nanofarad, → Farad.

nF, Abk. für Niederfrequenz, → Frequenz.

Ni, Symbol für → Nickel.

Niazin, → Vitamine.

Nichteisenmetalle, abg. NE-Metalle, Sammelbezeichnung für alle Metalle außer Eisen. Nach der Dichte teilt man ein in → Schwermetalle und → Leichtmetalle, nach der unterschiedlichen Oxydierbarkeit in → Edelmetalle, die sehr widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse sind, und unedle N. Nutzmetalle sind unedle N., die selbst zu Werkstücken verarbeitet werden, darunter die → Buntmetalle. Legierungselemente sind unedle N., die zur Verbesserung von Eigenschaften anderer Metalle verwendet werden.

Lit. Bolschowitinow: Stahl, Eisen, NE-Metalle und ihre Wärmebehandlung (dtsch. 2. Aufl. Berlin 1955); Lange: N. (Leipzig u. Jena 1955); Schimmel: N. (Halle 1954); Eisenkolb: Einführung in die Werkstoffkunde, Bd. 4 (4. Aufl. Berlin 1967); → Metalle.

Nichterze, Gangarten, die nichtmetallischen Begleitminerale der Erze. Sie werden durch Aufbereitung von den Erzen getrennt und einschlägigen Verwendungszwecken zugeführt. Wich-

tige N. sind Schwerspat, Flußspat, die Strontiumminerale, Kalkspat, Quarz, Schwefel.

nichteuklidische Geometrie, jede logisch widerspruchsfreie, auf einem Axiomensystem aufgebaute Geometrie, die sich von der euklidischen Geometrie dadurch unterscheidet, daß in ihr das euklidische Parallelenaxiom nicht gilt. (Das Parallelenaxiom besagt, daß zu einer gegebenen Geraden durch einen außerhalb liegenden Punkt stets eine und nur eine parallele Gerade gezogen werden kann.) Die n. G. entstand im 19. Jh. auf Grund der Untersuchungen, die Gauß, Lobatschewski und Bolyai fast gleichzeitig, aber unabhängig voneinander durchführten. Damit war zugleich bewiesen, daß das euklidische Parallelenaxiom unabhängig von den übrigen Axiomen der euklidischen Geometrie ist, d. h., daß es sich nicht aus den übrigen Axiomen ableiten läßt.

In der **hyperbolischen (Lobatschewskischen) Geometrie** gibt es in der Ebene zu jeder Geraden durch einen nicht auf ihr liegenden Punkt unendlich viele (mindestens zwei) Parallelen; die Winkelsumme im ebenen Dreieck ist stets kleiner als 180°. In der **elliptischen Geometrie** gibt es zu einer Geraden keine Parallelen durch einen Punkt außerhalb; je zwei verschiedene Geraden in der Ebene schneiden sich; die Winkelsumme im ebenen Dreieck ist größer als 180°. In der elliptischen Geometrie sind Geraden, Ebenen sowie der gesamte dreidimensionale Raum endlich. — Bei hinreichend kleinen Dreiecken wird auch für jede n. G. die Winkelsumme nahezu 180° wie in der euklidischen Geometrie. Das schließt jedoch die Gültigkeit einer n.n. G. für den Raum nicht aus, zumal sich dies erst in kosmischen Dimensionen bemerkbar macht. Eine gegenüber diesen n.n. G.n. noch allgemeinere ist die → Riemannsche Geometrie, die der allgemeinen Relativitätstheorie zugrunde liegt.

Lit. Hilbert: Grundlagen der Geometrie (8. Aufl. Stuttgart 1956); Klein: Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus, Bd. 2 (Berlin 1925), Vorlesungen über n. G. (Berlin 1928); Norden: Elementare Einführung in die Lobatschewskische Geometrie (dtsch. Berlin 1958).

Nichtleiter, svw. → Dielektrikum.

Nichtmetalle, früher **Metalloide**, chemische Elemente, die nicht die charakteristischen Eigenschaften der Metalle aufweisen. Sie finden sich ausschließlich in den Hauptgruppen des Periodensystems. Zu ihnen gehören Wasserstoff, Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon, Radon, Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Sauerstoff, Schwefel, Fluor, Chlor, Brom, Jod und Astat. Chemisch sind die N. dadurch charakterisiert, daß sie ihre Valenzelektronen sehr fest halten und zu einer stabilen Edelgaskonfiguration zu ergänzen suchen; sie besitzen also Tendenz zur Bildung negativer Ionen (Anionen). Die N. sind schlechte Leiter für Wärme und Elektrizität. Eine Mittelstellung zwischen N.n. und → Metallen nehmen die → Halbmetalle ein.

nichttrocknende Öle, → Fette und fette Öle.

Nichtunterscheidbarkeit, → Prinzip der Nichtunterscheidbarkeit.

Nickel, Symbol Ni, chemisches Element aus der VIII. Nebengruppe des Periodensystems, Schwermetall, Buntmetall, gehört zur Gruppe der Nichteisenmetalle; Ordnungszahl 28, Massenzahlen der Isotope 58, 60, 62, 61 und 64, Atomgewicht 58,71 (bezogen auf ¹²C), Wertigkeit II, seltener I, III, IV, D. 8,90 g cm⁻³, F. 1453 °C, Kp. etwa 2800 °C. N. ist glänzend weiß, polierbar, zäh, ferromagnetisch und kann geschweißt, geschmiedet, zu Blech gewalzt und zu Draht gezogen werden. Es wird von Wasser, Luft und Alkalien fast gar nicht, von verdünnten Säuren nur allmählich angegriffen, allerdings löst es sich leicht in verdünnter Salpetersäure. Konzentrierte Schwefel- und Salpetersäure bleiben infolge Bildung einer

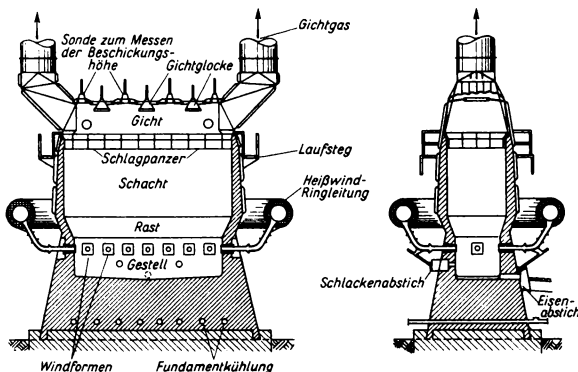
Nickelin

dünnen Oxidschicht unwirksam. Gediegen findet sich N. mit Eisenlegiert in Meteoriten. Man nimmt an, daß die Erde einen Ni-Fe-Kern hat. Ansonsten kommt es nur chemisch gebunden, hauptsächlich an Schwefel und Arsen, vor. Wichtige sulfidische Nickelerze sind Pentlandit, Nickelin, Pyrrhotin und Chloanthit, ein oxidisches Erz ist z. B. Garnierit. Je nach der Erzzusammensetzung müssen unterschiedliche Gewinnungsverfahren angewendet werden. Bei sulfidischen und arsenidischen Erzen wird das N. in einer Schmelzphase (Stein oder Speise) konzentriert, aus der dann durch Rösten Nickel(II)-oxid NiO hergestellt wird, das mit Kohle zum Metall reduziert oder in Schwefelsäure gelöst und N. elektrolytisch abgeschieden werden kann (**Elektrolytnickel**, abg. **E-Nickel**). Zur Herstellung reinsten N.s wählt man als Zwischenstufe das bei leicht erhöhter Temperatur gasförmige Nickeltetrakarbonyl Ni(CO)_4 , aus dem durch thermische Spaltung N. abgetrennt wird. Aus armen oxidischen Erzen stellt man fast nur Ferronickel (\rightarrow Ferrolegierungen) durch partielle Reduktion der Erze nach dem \rightarrow Renn-Verfahren her. Der größte Teil der Nickelproduktion wird von der Stahlindustrie verbraucht. Reines N. wird vorwiegend zur Herstellung von Laboratoriumsgeräten, z. B. von Tiegeln und Spateln, pulveriges feinverteiltes N. als Katalysator (**Raney-Nickel**), besonders bei Hydrierungen, verwendet. Reinstnickel dient als Träger von Oxidkathoden in Rundfunkröhren. Technische Bedeutung haben die zahlreichen Nickellegierungen (\rightarrow Alumei, \rightarrow Chromel, \rightarrow Chronin, \rightarrow Concrad, \rightarrow Elinvar, \rightarrow Fernichrome, \rightarrow Inconel, \rightarrow Invar, \rightarrow Konstantan, \rightarrow Kovar, \rightarrow Monel, \rightarrow Neusilber, \rightarrow Nickelin, \rightarrow Permalloy, \rightarrow Perminvar, \rightarrow Platinit) und das \rightarrow Vernickeln.

Nickelverbindungen. Nickelchlorid, NiCl_2 , goldgelbe, glänzende, leicht sublimierbare Kristalle; Nickelkarbonat, NiCO_3 , blaßgrünes, feinkristallines Pulver; Nickelnitrat, $\text{Ni(NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, grüne Kristalle; Nickel(II)-oxid, NiO , graugrünes, kristallines Pulver; diese Verbindungen dienen zum Färben in der Glas- und Keramikmalerei, z. T. zum Vernickeln und zur Herstellung von Nickelkatalysatoren; Nickelsulfat, NiSO_4 , hellgrüne Kristalle, bildet mit Ammoniumsulfat Nickelammoniumsulfat, das zum Vernickeln und zum Schwärzen von Zink und Messing verwendet wird; Nickeltetrakarbonyl, Ni(CO)_4 , farblose, sehr giftige Flüssigkeit, verwendet als Antiklopfmittel.

Lit. Tafel: Lehrb. der Metallhüttenkunde, Bd 3 (2. Aufl. Leipzig 1954).

Nickelin, 1) Rotnickelkies, ein Mineral, Nickel- NiAs ; hexagonal, lichtkupferrot, Härte nach Mohs 5,5, D. 7,7 bis 7,8 g cm^{-3} . N. kommt auf hydrothermalen Erzgängen vor.



Niederschachtofen (schematisch): links Längsschnitt, rechts Querschnitt

2) eine Kupfer-Nickel-Zink-Legierung mit 55 bis 68 % Kupfer, 19 bis 33 % Nickel und bis 18 % Zink. Sie besitzt einen hohen elektrischen Widerstand und wird als Widerstandswerkstoff eingesetzt.

Nicolsches Prisma, abg. Nicol, ein nach dem englischen Physiker Nicol benanntes Prisma, das zur Erzeugung linear polarisierten Lichts (\rightarrow Polarisation) dient. Es besteht aus einem Kalkspatprisma, das senkrecht zu den abgeschliffenen Flächen längs einer Diagonalen zerschnitten und mit Kanadabalsam wieder zusammengeklebt ist. Ein auf die Stirnfläche auftreffender Lichtstrahl wird doppelt gebrochen (\rightarrow Doppelbrechung). Der



Nicolsches Prisma (Schnitt). a ordentlicher Strahl, b außerordentlicher Strahl, beide Strahlen senkrecht zueinander polarisiert

ordentliche Strahl wird an der Kanadabalsamschicht totalreflektiert und an der geschwärzten Wandung absorbiert, da die Kanadabalsamschicht für den ordentlichen Strahl das optisch dünnere Medium ist und der Einfallswinkel größer ist als der Grenzwinkel der Totalreflexion. Der außerordentliche Strahl hingegen tritt durch Kanadabalsam hindurch; er ist linear polarisiert und verläßt das Prisma mit einer geringen seitlichen Verschiebung gegenüber dem ursprünglichen Strahl. Verbesserte Formen sind das Glan-Thomson-Prisma und das Ahrensprisma, deren Endflächen senkrecht zur Strahlenrichtung geschliffen sind; dadurch wird eine seitliche Verschiebung des Strahlenbündels nahezu vermieden.

Niederfrequenz, \rightarrow Frequenz.

Niederschachtofen (Abb.), ein metallurgischer Schmelzofen zur Gewinnung von Roheisen aus Eisenerzen. Er ist im Prinzip wie ein \rightarrow Hochofen gebaut, besitzt jedoch einen stark verkürzten Schacht. Entsprechend der Heizungsquelle unterscheidet man Blas- und Elektroniederschachtofen. Der **Blasniederschachtofen** eignet sich besonders für den Einsatz von qualitativ minderwertigen Koks, die den Ansprüchen des Hochofens nicht genügen. Der Zeitraum, den das Erz von der Beschickung bis zum Roheisenabstich zum Durchlaufen benötigt (Durchsatzzeit), beträgt 3 bis 4 Stunden. Der N. hat runden oder rechteckigen Querschnitt. Infolge der geringeren Beschickungshöhe des N.s (5 m gegenüber Möllersäulen bis zu 22 m beim Hochofen) wird der Koks viel weniger auf Abrieb und auf Druck beansprucht, so daß weniger feste Sorten verwendet werden können. Hinsichtlich der Wärmeausnutzung hat der N. den Nachteil, daß infolge der kleineren Ofenabmessungen ein ungünstigeres Verhältnis von Oberfläche zu Volumen besteht, woraus höhere Wärmeverluste resultieren. Daraus ergibt sich insgesamt ein gegenüber größeren Hochofen höherer spezifischer Brennstoffverbrauch.

Die bisher gebauten und in Betrieb befindlichen Niederschachtofen sind relativ klein, die Selbstkosten relativ hoch; trotzdem läßt sich bei geeigneter Betriebsführung das Verfahren rentabel durchführen. Im N. kann jede Roheisensorte erzeugt werden. In der DDR verhüttet man in Niederschachtofen Eisenerze aus dem Harzvorland mit 20 bis 24 % Eisen, wobei bevorzugt Braunkohlenhochtemperaturkoks als Wärme- und Reduktionsträger verwendet wird.

Der **Elektroniederschachtofen** besteht aus einer Schmelzwanne, die mit einem Deckel abgeschlossen ist; durch den Deckel sind Elektroden geführt. Außerdem hat der Elektroniederschacht-

ofen Füllrumpfe zum Aufgeben des Erzes, der Zuschläge und der zur Reduktion notwendigen Reaktionskohle sowie Abzugsrohre für das Gichtgas. Der Elektromiederschachtschmelzofen wird vor allem in Norwegen verwendet, wo genügend Wasserkraft zur billigen Stromerzeugung zur Verfügung steht. Der Strombedarf liegt bei 2500 bis 3000 kWh je Tonne Roheisen.

Lit. → Hochofen.

Niederschlag, 1) Meteorologie: eine Form der → Hydrometeore. Über die künstliche Erzeugung von N. → künstlicher Regen.

2) Chemie: die in einer Lösung durch Fällung sich fein kristallin oder amorph abscheidende feste Substanz.

Niederschlagsarbeit, ein metallurgisches Verfahren zur Gewinnung von Metallen aus sulfidischen Erzen. Das Erz wird mit einem schwefelaffineren Metall, z. B. Eisen, verschmolzen, dabei verbindet sich das Eisen mit dem Schwefel: $\text{MeS} + \text{Fe} \rightarrow \text{Me} + \text{FeS}$. Bedingung für dieses Verfahren ist, daß das entsprechende Metall edler als Eisen ist.

Niederschlagsmesser, Regenschauer, ein Gerät zur Bestimmung der Niederschlagshöhe. Er besteht meist aus einem zylindrischen Gefäß mit einem Auffangtrichter. Die in ihm angesammelte Niederschlagsmenge wird (gewöhnlich einmal täglich) durch Umfüllen in ein Meßglas bestimmt, das meist in mm Niederschlagshöhe geeicht ist. 1 mm Niederschlagshöhe entspricht einer Niederschlagsmenge von 1 Liter auf 1 m². Selbsttätige Niederschlagschreiber zur Feststellung von Menge und zeitlichem Verlauf des Niederschlags arbeiten mit einem Schwimmer.

Bei Schneefall wird der im N. befindliche Schnee geschmolzen und danach die Niederschlagshöhe berechnet; die Höhe der Schneedecke wird mit Hilfe des *Schneepegels* festgestellt.

Niederspannung, jede elektrische Spannung unter 250 Volt gegen Erde, meist die Gebrauchsspannungen von 110, 125 und 220 Volt.

Niet m, Plur. Niete, ein Bolzen aus Stahl, Leichtmetall, Kupfer, Messing oder anderem plastisch verformbarem Metall zum Verbinden von Werkstücken (→ Nieten). Je nach Form seines auf einer Spindel- oder Exzenterpresse angearbeiteten Kopfes, des *Setzkopfes*, unterscheidet man Halbrund-, Flachrund-, Linsen- und Senkniete sowie Sonderformen, z. B. Trapezniete für den Schiffbau, Hohl-niete zum Verbinden von Plastik- oder Hartpapierplatten, Zweispitzniete, zweiteilige N.e für Lederarbeiten (Abb.).

Nieten, das unlösbare Verbinden von Werkstücken durch einen Niet, ein Fügeverfahren (Abb.). Dabei steckt man den Niet durch genau zugepaßte Löcher in den zu verbindenden Werkstücken, so daß er mit seinem Setzkopf aufsitzt. Das über die Werkstücke hinausragende Schaftende wird durch Schlag- oder Druckwirkung zu einem *Schließkopf* geformt. Der Schließkopf preßt bei der festen Nieten die Werkstücke fest aufeinander, während er bei der losen Nieten noch eine Bewegung der verbundenen Teile ermöglicht (z. B. an Zangen). Bei der *Zapfennieten* ist der Nieten als Zapfen aus einem der zu verbindenden Teile herausgearbeitet und wird ebenfalls zum Schließkopf geformt. Stahlniete unter 8 mm Ø, Kupfer-, Messing- und Leichtmetallniete werden in kaltem Zustand geschlagen (*Kaltnieten*), Stahlniete über 8 mm Ø vorher im Kokseifer oder elektrisch auf etwa 800 °C erwärmt (*Warmnieten*).

Das Formen des Schließkopfes, der sich als Halbrund-, Senk- oder Linsenkopf ausbilden läßt, kann von Hand oder maschinell geschehen. 1) Beim N. von Hand werden die zu verbindenden Teile durch einen *Nietzieher*, einen hohlen, über den Nieten gestülpten Rundstahlstempel, zusammengedrückt; dann wird der Schließ-

kopf mit dem Druckluft-Niethammer geformt (→ Druckluft), in den ein entsprechend geformter Döpper eingesetzt ist. Mitunter formt man den Schließkopf auch mit dem Handhammer unter Aufsetzen eines Kopfmachers oder Schellhammers mit einer der Schließkopfform entsprechenden Bahnhöhlung. 2) Nietmaschinen werden elektrisch, hydraulisch oder mit Druckluft angetrieben und können ortsfest oder -beweglich sein. In allen Fällen ist beim N. ein *Gegenhalter* nötig, der unter dem Setzkopf angesetzt wird. Verwendet werden von Hand gehaltene schwere Stahlkloben mit Griff oder Druckluft-Gegenhalter, die beim N. großer Werkstücke zwischen diese und eine Unterlage gespannt werden.

Zum Verbinden schwer zugänglicher Teile, besonders im Flugzeug- und Behälterbau, wendet man mitunter die *Sprengnieten* an. Die hierfür benutzten Niete enthalten im Schaft eine kleine Sprengladung, die durch Erwärmen oder Schlag entzündet wird und den Schließkopf erzeugt.

In bezug auf die *Nietenordnung* unterscheidet man ein- oder mehrreihige Ketten- (Parallel-) oder Zickzacknieten, die jeweils eine Überlappungs- oder Laschennieten sein kann. Die *Nietteilung*, d. h. der Abstand der Niete voneinander, hängt davon ab, ob die Nietverbindung fest und dicht sein muß, wie im Schiff- und Kesselbau, oder nur dicht, wie im Behälterbau, oder nur fest, wie im Stahlbau.

Ni-Fe-Kern, → Erde, Abschn. 4.

Nigrin, → Rutil.

Nigrosine, → Azinfarbstoffe.

Nikotin, ein sehr giftiges, widerlich riechendes Alkaloid, das aus einem Pyridinring und einem N-Methylpyrrolidinring besteht. N. ist das Hauptalkaloid der Tabakpflanze, findet sich aber auch in anderen Nachtschattengewächsen. Aus 3-Aminopyridin und Schleimsäure läßt es sich synthetisch darstellen. N. erregt die Nervenzellen der Eingeweidenerven, in höheren Mengen lähmt es sie sowie das Gefäß- und Atmungszentrum im verlängerten Rückenmark. Die letale Dosis beträgt für den Menschen etwa 60 mg.

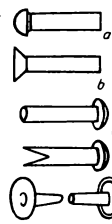
Nikotinsäure, → Vitamine.

Nimbostratus, eine Regenwolke, → Wolken.

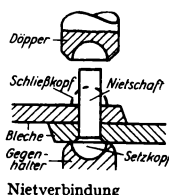
Nimonic, Sammelbezeichnung für hochwärmefeste Legierungen mit bis zu 90 % Nickel sowie Chrom und Kobalt. Sie werden z. B. für Laufschaufeln von Gasturbinen und von Dampfturbinen bei höchster Beanspruchung eingesetzt.

Ninhydrin, $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$, *Triketohydrindenhydrat*, wichtiges Nachweisreagens für Aminosäuren und Eiweiße. Schon geringste Mengen erzeugen rote bis violette Färbung.

Niob, Symbol Nb, chemisches Element aus der V. Nebengruppe des Periodensystems, Reinelement, Schwermetall; Ordnungszahl 41, Atomgewicht 92,906 (bezogen auf ¹²C), Wertigkeit meist V, auch II, III, IV, D. 8,58 g cm⁻³, F. 2550 ± 50 °C, Kp. 3700 °C; 1844 von Rose entdeckt. Reines N. ist geschmeidig und läßt sich gut ziehen, pressen und schmieden. Chemisch ist es sehr beständig, es hat ausgezeichnete Hochtemperaturfestigkeit und ist supraleitend (→ Supraleitung). N. kommt in der Natur stets gebunden nur in geringen Mengen – immer gemeinsam mit Tantal – vor. Das wichtigste Mineral ist der Kolumbit, der zur Gewinnung von N. zunächst bis zu 50 bis 70 % Niob(V)-oxid und 5 bis 25 % Tantal(V)-oxid angereichert und anschließend aufgeschlossen wird. Die Trennung des N.s vom Tantal erfolgt überwiegend durch Lösungsmittel-extraktion oder auch über die komplexen Fluoride. Durch wiederholtes Schmelzen im Vakuum und Abdestillieren aller Beimengungen erhält man reines N. Man verwendet N. vor allem als Legierungsbestandteil für Flußstahl, Sonderstähle u. a., z. B. zusammen mit Cr, Ni und Co. Diese Legierungen eignen sich als Werk-



Nietformen: a) Halbrundniet, b) Senkniet, c) Hohl-niet, d) Zweispitzniet, e) zweiteiliger Niet



Nietverbindung

stoff beim Bau von Gasturbinen, Düsenflugzeugen, Raketen und Kernreaktoren. Ferner wird N. als Hülsmaterial für Uranbrennstoffelemente, in der Hochvakuumtechnik als Gettemetall, ferner zum Bau von elektrolytischen Gleichrichtern und von Thermoelementen verwendet.

Lit. Lüpfer: Metallische Werkstoffe (6. Aufl. Leipzig 1961).

Niobit, → Kolumbit.

Nipkow-Scheibe, → Fernsehen, Geschichtliches.

Nippel, ein kurzes Verbindungs- oder Anschlußstück für Rohre, Schläuche u. a.; z. B. ein Verbindungsstück bei Gasleitungen, ein Überwurfsstück mit Innengewinde zum Befestigen von Speichen in der Felge, ein durchbohrtes Gewindestück am Fuß der Fassung von Glühlampen zum Durchführen der Leitungsschnur.

Nippflut, → Gezeiten.

Niton, frühere Bezeichnung für → Radon.

Nitralampe, eine mit einem Argon-Stickstoff-Gemisch gefüllte Glühlampe. Eine Spezialform ist die in der Phototechnik verwendete leistungsstarke **Nitraphotlampe**.

Nitratdünger, → Stickstoffdüngemittel.

Nitrate, die Salze der → Salpetersäure.

Nitratzellulose, svw. → Zellulosenitrat.

Nitride, die Verbindungen des Stickstoffs mit Metallen und manchen Nichtmetallen. Sie sind oft schwer schmelzbar, sehr hart und außerordentlich hitzebeständig. Man gewinnt sie hauptsächlich durch Umsetzung der Elemente mit Stickstoff oder ihrer Oxide und Chloride mit Ammoniak. Verwendet werden die N. hauptsächlich als feuerfeste Werkstoffe.

Nitrieren, 1) Chemie: Einführen der Nitrogruppe $-\text{NO}_2$ in organische Verbindungen an Stelle eines H-Atoms. Zum N. dient z. B. eine Mischung von konzentrierter Salpeter- und konzentrierter Schwefelsäure, die **Nitriersäure**, ferner rauchende Salpetersäure, Distickstoffdioxid, Nitrylborfluorid und Azetylnitrat.

2) Metallurgie: svw. **Nitrierhärten**, → Härten.

Nitrile, organische Verbindungen der allgemeinen Formel $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$ ($\text{R} = \text{Alkyl-}$ oder Arylrest). Die N. sind sehr reaktionsfähig, bei Verseifung (Hydrolyse) entstehen unter Ammoniakabspaltung Karbonsäuren. Man erhält die N. durch Wasserabspaltung aus Säureamiden oder durch Einwirkung von Kaliumcyanid auf Alkylhalogenide, so entsteht **Azetonnitril** (**Methylnitril**) aus Methyljodid und Kaliumcyanid: $\text{CH}_3\text{J} + \text{KCN} \rightarrow \text{CH}_3\text{CN} + \text{KJ}$. Ein technisch wichtiges Nitril ist → **Akrylnitril**. Einige N. werden als Weichmacher eingesetzt.

Nitrite, die Salze der → salpetrigen Säure.

Nitrobenzol, $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NO}_2$, eine farblose, stark lichtbrechende, ähnlich wie Bittermandelöl riechende, giftige Flüssigkeit (Kp. 211 °C). Man erhält N. durch Nitrierung von Benzol. Verwendet wird es vor allem zur Herstellung von Anilin und Sprengstoffen, ferner als Lösungsmittel und mildes Oxydationsmittel.

Nitrofarbstoffe, gelbe bis orangefarbene synthetische Farbstoffe mit Nitrogruppen als Chromophore. Die N. leiten sich von Phenolen bzw. Aminophenolen ab. Sie sind nicht sehr wasch- und lichtecht und werden heute teilweise zum Färben von Zelluloseazetat- und Polyesterfasern verwendet. Zu den N.n gehören z. B. Pikrinsäure und Naphtholgelb S.

Nitrogenium, → Stickstoff.

Nitroglycerin, fälschlich für → Glycerintrinitrat.

Nitrogruppe, die funktionelle Gruppe $-\text{NO}_2$, die in vielen organischen Verbindungen, z. B. Nitrobenzol, und auch als Ligand in einigen anorganischen Komplexverbindungen enthalten ist. — Der Gebrauch der Vorsilbe Nitro- für Salpetersäureester, z. B. Nitroglycerin statt Glycerintrinitrat, ist falsch.

Nitron, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Nitrophosphate, → Phosphorsäuredüngemittel.

Nitrosamine, die Reaktionsprodukte sekundärer Amine mit salpetriger Säure der allgemeinen Formel $\text{R}_2\text{N}-\text{N}=\text{NO}$. Sie sind gelb bis gelbrot gefärbte, ölige oder feste Verbindungen, die als Explosivstoffe sowie zum Nachweis und zur Reinigung sekundärer Amine verwendet werden.

nitrose Gase, ein giftiges Gemisch von Stickstoffoxiden.

Nitrosogruppe, die funktionelle Gruppe $-\text{NO}$, die in vielen organischen Verbindungen, z. B. Nitrosobenzol, oder als Ligand in anorganischen Komplexverbindungen enthalten ist.

Nitrozellulose, fälschlich für → Zellulosenitrat.

Nitscheln, beim französischen Kammgarn-Spinnverfahren das Runden und Festigen der Streckenbänder bzw. beim Streichgarnspinnverfahren der Florstreifen zwischen endlosen Lederbändern, den **Nitschelhosen**. Diese führen senkrecht zur transportierenden Bewegung eine hin- und hergehende Bewegung aus.

Niveaufläche, → elektrisches Feld.

Niveaulinien, 1) Kartographie: → Reliefdarstellung.

2) Elektrizitätslehre: → elektrisches Feld.

nivellieren, 1) allgemein auf das gleiche Niveau bringen, gleichmachen.

2) Geodäsie: → Höhenmessung.

Nivellierinstrument, **Nivellier**, ein Instrument für genaue Höhenbestimmungen nach dem Verfahren des geometrischen Nivellements (→ Höhenmessung). Das N. ist neben dem Theodolit das wichtigste Vermessungsinstrument. Die Hauptteile sind ein Zielfernrohr, ein Dreifuß und eine Horizontiereinrichtung für die Fernrohrzielachse, da das Nivellement auf der Herstellung möglichst genau horizontaler Zielungen beruht. Man unterscheidet **Libellennivellierinstrumente**, bei denen die Horizontierung von Hand nach Angabe einer empfindlichen Fernrohr-Röhrenlibelle erfolgt, und **Kompensatornivellierinstrumente**, bei denen die Zielachse automatisch von einem im Fernrohr eingebauten optisch-mechanischen Kompensator horizontalisiert wird. Als Kompensatoren werden für N.e pendelnd aufgehängte Prismen oder Spiegel verwendet. Das Fernrohr ist durch eine kurze Vertikalachse mit dem Dreifuß verbunden; es kann um diese Achse horizontal geschwenkt und mittels einer Klemmschraube in der gewünschten Stellung festgestellt werden. Ein Feintrieb erlaubt die Hin- und Herbewegung innerhalb eines kleinen Bereiches, so daß die Nivellierlatte oder andere Gegenstände oder Geländepunkte genau angezielt werden können. Zur Aufstellung des N. dient ein Holzstativ.

Bevor die Messung beginnt, muß mit Hilfe der am Dreifuß befindlichen Fuß- oder Stellschrauben die Vertikalachse annähernd vertikal eingerichtet werden. Man erreicht dies durch Einspielenlassen einer Dosenlibelle. Bei Libellennivellierinstrumenten muß dann vor jeder Ablesung an der Nivellierlatte noch die Fernrohrlibelle zur Feinhorizontierung in Waage gebracht werden. Ein über der Libelle aufklappbarer Spiegel erleichtert die Beobachtung der Libellenblase. Die Beobachtung und das zeitraubende Einspielen der Röhrenlibelle entfallen bei den Kompensatornivellierinstrumenten, die allmählich die Libellennivellierinstrumente verdrängen. Die Horizontierung der Zielachse erfolgt bei diesen Instrumenten durch den Kompensator automatisch. Die Wirtschaftlichkeit der Kompensatornivelliere liegt weit über der der Libellennivelliere.

Nach dem Verwendungszweck und der Leistungsfähigkeit teilt man die N.e ein in **Baunivelliere**, **Ingenieurnivelliere** und **Präzisionsnivelliere**. Die Fernrohrvergrößerung ist bei Baunivellieren 20fach, bei Ingenieurnivellieren 25fach, bei Präzisionsnivellieren 40fach. Die Angabe der Fern-

rohrlibelle beträgt 60'', 30'' und 10'' (Sekunden), die mittlere Höhenmeßgenauigkeit auf 1 km Doppelnivellement (Hin- und Rückmessung) 5 bis 15 mm, 2 bis 5 mm und unter 0,5 mm.

Lit. → Geodäsie.

NK, Kurzz. für → Neue Kerze.

NKH, Abk. für Nichtkarbonathärte, → Härte 2).

n-Leitung, → Halbleiter.

n-Lösung, Abk. für → Normallösung.

nm, Kurzz. für Nanometer, → Meter.

Nm, 1) Kurzz. für → Newtonmeter. 2) Abk. für metrische Nummer, → Feinheit.

Nm³, Kurzz. für Normkubikmeter, veraltet für m³ i. N. (Kubikmeter Gas im Normzustand).

NMR, → kernmagnetische Resonanz.

Nm-System, ein Feinheitssystem in der Textiltechnik, → Feinheit.

N. N., Abk. für → Normalnull.

NNW, Abk. für niedrigstes Niedrigwasser, → Wasserstand.

No, Symbol für → Nobelium.

Nobelium, Symbol **No**, kurzlebiges, nur künstlich darstellbares, radioaktives, chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, ein Transuran, gehört zur Gruppe der Aktinide; Ordnungszahl 102, Massenzahlen der bis jetzt bekannten Isotope 251, 253 und 254, Wertigkeit meist III, seltener II. N. wurde 1957 im Nobelinstitut für Physik zu Stockholm bei der Bombardierung von Curium ²⁴⁹Cm mit Kohlenstoffkernen entdeckt. 1958 gelang es Ghiorso, Seaborg, Sikkeland und Walton in Berkeley (USA), durch Bombardierung des Curiumisotops ²⁴⁹Cm mit Kohlenstoffkernen das Nobeliumisotop ²⁵⁴No darzustellen.

Nobelpreis, ein Preis, der aus den Zinsen des von dem schwedischen Chemiker und Industriellen Alfred Nobel (1833–1896) hinterlassenen Vermögens in Höhe von über 31 Millionen schwedischen Kronen (Nobelstiftung) vergeben wird. Der N. wurde 1895 testamentarisch von A. Nobel gestiftet und 1901 erstmalig vergeben. Er soll nach dem Willen seines Stifters jährlich am 10. Dezember, dem Todestag A. Nobels, in fünf gleichen Teilen (N. für Physik, Chemie, Physiologie und Medizin, Literatur, Friedens-Nobelpreis) an Persönlichkeiten verliehen werden, „die im verflossenen Jahre der Menschheit den größten Nutzen geleistet haben“. Die N. für Physik und Chemie vergibt die Königlich schwedische Akademie der Wissenschaften, den N. für Physiologie und Medizin das Königlich Karolinische Medico-Chirurgische Institut in Stockholm, den N. für Literatur die Schwedische Akademie und den Friedens-Nobelpreis ein vom Storting, der norwegischen Volksvertretung, gewählter Fünferausschuß. Bei der Auswahl der Preisträger werden diese Körperschaften von Nobelinstituten in Stockholm und Oslo unterstützt. Zu den N. gehören jeweils eine Geldprämie in jährlich etwas wechselnder Höhe (1963 z. B. 265 000 schwedische Kronen), eine goldene Medaille und ein Diplom.

Über die bisherigen Nobelpreisträger informiert der Nobel Foundation Calendar, der alle zwei Jahre in Englisch und Schwedisch von der Nobelstiftung herausgegeben wird.

nöbl, → beweglicher Landfunf.

Nocken *m*, eine Kurvenscheibe, deren Profil sich aus Kreisbögen verschiedener Durchmesser und gegebenenfalls Geraden zusammensetzt (→ Kurvengetriebe).

Die **Nockenwelle** ist eine mit mehreren N. besetzte Welle zur Steuerung der Ventile bei Verbrennungsmotoren (Abb.).

No-iron-Ausrüstung, → Permanent-Appretur.

Nomenklatur, **Nomenklatur der Chemie**, Richtsätze für die wissenschaftliche Benennung chemischer Elemente und Verbindungen.

1) **N. der anorganischen Chemie**. Für die anorganische Chemie gelten die von der Anorgani-

schen Nomenklatur-Kommission der Internationalen Union für Reine und Angewandte Chemie (IUPAC) herausgegebenen, 1959 in deutscher Übersetzung in den Chemischen Berichten (Weinheim/Bergstraße) erschienenen neuen Richtsätze. Nachfolgend sind die wichtigsten dieser Nomenklaturrichtsätze angeführt.

1) **Elemente**. Namen und Symbole der Elemente. Eine Übereinstimmung der Elementennamen in den verschiedenen Sprachen ist bis jetzt noch nicht erreicht worden, bei den Symbolen ist dies dagegen der Fall. Neue Elemente erhalten die Endung -ium und ein aus zwei Buchstaben bestehendes Symbol. Leitet man Bezeichnungen vom Namen des Elementes ab, so soll der lateinische Name zugrunde gelegt werden; es sollen also Namen wie Aurat, Ferrat, Niccolat verwendet werden statt Goldat, Eisenat und Nickelat. Alle Isotope eines Elementes sollen die gleichen Namen tragen, lediglich für die Wasserstoffisotope können die Namen Protium, Deuterium und Tritium beibehalten werden. Bei anderen Elementen erfolgt die Kennzeichnung von Isotopen durch Massenzahlen, z. B. Sauerstoff-18 oder ¹⁸O.

Massenzahl, Ordnungszahl, Anzahl der Atome und Ionenladung. Diese vier Angaben werden als Indizes dem Elementensymbol zugeordnet: dabei stehen die Massenzahlen links oben, die Ordnungszahl links unten, die Anzahl der Atome rechts unten und die Ionenladung rechts oben. *Beispiel*: ³²Se²⁺ bedeutet ein doppelt positiv geladenes Molekül, bestehend aus zwei Schwefelatomen, von denen jedes die Massenzahl 32 und die Ordnungszahl 16 hat.

2) **Verbindungen**. Die Bezeichnung chemischer Verbindungen kann sowohl durch eine → Formel als auch durch einen rationalen Namen erfolgen, den man durch Angabe der Verbindungsbestandteile und ihrer Mengenverhältnisse bildet. Bei binären Verbindungen mit ionischem Charakter steht der elektropositive Bestandteil stets vor dem mit der Endung -id versehenen elektronegativen, z. B. NaCl Natriumchlorid statt Chlor-natrium, CCl₄ Kohlenstofftetrachlorid statt Tetrachlorkohlenstoff. In diese Regel werden auch die Sauerstoffverbindungen einbezogen, die Oxide werden also jetzt Oxide, die Hydroxyde Hydroxide geschrieben. Ist der elektronegative Bestandteil mehratomig, so erhält er meistens die Endung -at, z. B. Na₂CO₃ Natriumcarbonat, mitunter auch -it, z. B. NaNO₂ Natriumnitrit, oder -id, z. B. CS₂ Kohlendisulfid. Die stöchiometrischen Mengenverhältnisse werden bis 12 durch griechische Zahlwörter (mono, di, tri, tetra, penta, hexa, hepta, okta usw.) und über 12 durch arabische Ziffern angegeben, die man den Namen der betreffenden Elemente ohne Bindestrich voranstellt, z. B. PCl₃ Phosphortrichlorid. Das Mengenverhältnis der Bestandteile kann man auch durch Angabe der Oxydationsstufe eines Elementes mittels römischer Ziffern in Klammer unmittelbar hinter dem Elementennamen kennzeichnen (*Stocksche Bezeichnungsweise*), z. B. FeCl₃ Eisen(III)-chlorid, Kaliummanganat(VII). An Trivialnamen sind Bezeichnungen wie Salmiak, Soda, Chilesalpeter, Ätzkalk, Ätznatron, Blutlaugensalz u. ä. gestattet, dagegen dürfen veraltete wissenschaftliche Bezeichnungen die mit heutigen Erkenntnissen nicht in Einklang stehen, nicht verwendet werden, z. B. kohlen-saurer Kalk, salpetersaures Kali, essigsäure Tonerde und Zyankali.

3) **Ionen**. Die einatomigen Kationen tragen den Namen des betreffenden Elements, z. B. Cu⁺ Kupfer(I)-ion, die mehratomigen Kationen – falls sie sich von einatomigen Anionen durch Addition von Protonen ableiten – die Endung -onium, z. B. (NH₄)⁺ Ammoniumion und (PH₄)⁺ Phosphoniumion. Die Namen einatomiger Anionen enden auf -id, z. B. Cl⁻ Chloridion, die



Nockenwelle. a Welle, b Nocken

mehratomigen Anionen allgemein auf -at, z. B. SO_4^{2-} -Sulfation.

4) **Säuren.** Säuren, die Wasserstoffverbindungen von Nichtmetallen sind, werden mit Trivialnamen bezeichnet, z. B. Zyanwasserstoffsäure oder Blausäure für HCN. Die Namen der gebräuchlichsten *Oxosäuren* erhält man durch Anfügen des Wortes Säure an den Namen des charakteristischen Zentralatoms des Anions, z. B. H_2SO_4 Schwefelsäure (nach den Richtlinien könnte auch Dihydrogensulfat gesagt werden). Niedrigere Oxydationsstufen kennzeichnet man durch die Endung -ige, z. B. HNO_2 salpetrige Säure, H_2SO_3 schweflige Säure und HClO_2 chlorige Säure. Noch sauerstoffärmere Säuren erhalten zusätzlich die Vorsilbe hypo-, z. B. $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ Hypophosphorsäure und HOCl hypochlorige Säure. Die Kennzeichnung einer höheren Oxydationsstufe als der normalen erfolgt bei den Oxosäuren der Halogene durch die Vorsilbe per-, z. B. HClO_4 Perchlorsäure. Die Vorsilben meta- und ortho- kennzeichnen den unterschiedlichen Wassergehalt verschiedener Säuren, z. B. H_3BO_3 Orthoborsäure, H_2SiO_4 Orthokieselsäure, H_3PO_4 Orthophosphorsäure, $(\text{HBO}_2)_2$ Metaborsäure, $(\text{H}_2\text{SiO}_3)_2$ Metokieselsäure und $(\text{HPO}_3)_2$ Metaphosphorsäure. Pyro- wird bei Säuren durch di- ersetzt; diese Bezeichnung ist aber nur noch bei $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$, Dischwefelsäure, $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ dischweflige Säure, $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, Diphosphorsäure und $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8$ diphosphorige Säure zu verwenden. *Peroxosäuren* erhält man, wenn man in den Oxosäuren ein Sauerstoffatom durch die Gruppe O_2^{2-} ersetzt, z. B. H_2SO_5 Peroxoschwefelsäure, $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ Peroxodischwefelsäure. *Thiosäuren* erhält man, wenn man ein Sauerstoffatom der Oxosäuren durch Schwefel ersetzt, z. B. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ Thioschwefelsäure. *Halogensäuren* sind Säuren, in denen der Sauerstoff durch Halogene ersetzt ist; sie tragen die Vorsilbe chloro-, fluoro-, bromo- oder jodo-. Die Anzahl der ersetzten Atome wird durch griechische Zahlwörter angegeben, z. B. H_2SiF_6 Hexafluorokieselsäure.

5) **Salze und salzartige Verbindungen.** Alle Salze von Säuren, deren Oxydationsstufe oder deren Wassergehalt durch die Vorsilben hypo-, per-, ortho-, meta-, di-, peroxo- und peroxodi- bzw. die Nachsilbe -ige gekennzeichnet sind, erhalten die gleiche Vorsilbe wie die entsprechende Säure, z. B. KClO_4 Kaliumperchlorat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ Natriumperoxodisulfat. Für die Salze der Säuren, die nicht unter diese Regeln fallen, erhält man rationelle Namen, indem man an den Elementennamen des Kations den mit der Endung -at versehenen Stamm des anionisch gebundenen Zentralatoms anfügt und dessen Oxydationsstufe durch eingeklammerte römische Ziffern angibt, z. B. K_2MnO_4 Kaliummanganat(IV).

Bei sauren Salzen fügt man unmittelbar vor den Namen des Anions das Wort hydrogen ein, z. B. NaHCO_3 Natriumhydrogenkarbonat.

Basische Salze, die früher als Oxy- und Hydroxysalze bezeichnet wurden, sollen wie Doppelsalze, in denen O^{2-} und OH^- Anionen vorliegen, behandelt und als Oxid- und Hydroxidsalze benannt werden, z. B. BiOCl Wismut-oxidchlorid.

II) **N. der organischen Chemie.** Die systematische Benennung organischer Verbindungen ist wegen der Vielfalt der möglichen Molekülstrukturen schwierig. Häufig sind für ein und dieselbe Verbindung mehrere Bezeichnungen in Gebrauch.

1) **Aliphatische Kohlenstoffverbindungen.** *Alkane* haben die Endsilbe -an (Methan, Äthan usw.), *Alkene* die Endsilbe -en (Äthen, Propen usw.), *Alkine* die Endsilbe -in (Äthin, Propin usw.).

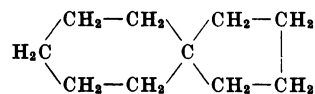
2) **Monozyklische Kohlenstoffverbindungen.** Zykoaliphatische Kohlenstoffverbindungen werden wie die offenkettigen Aliphaten gleicher Kohlenstoffzahl benannt und mit der Vorsilbe Zyko-

versehen, z. B. Zylopropan $\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2$. Das



Zylohexatrien(1,3,5) wird fast nur mit seinem Trivialnamen \rightarrow Benzol bezeichnet. Die Stellung von Substituenten in Benzolmolekülen wird durch folgende Bezeichnungen oder Bezifferungen angegeben: bei Substitution von 2 H-Atomen ortho-, o- oder 1,2-; meta-, m- oder 1,3-; para-, p- oder 1,4-; bei Substitution von 3 H-Atomen vizinal-(vicinal)-, vic.- oder 1,2,3-; asymmetrisch-, asym.- oder 1,2,4-; symmetrisch-, sym.- oder 1,3,5-.

3) **Polyzyklische Kohlenstoffverbindungen.** Bei der direkten Ringverknüpfung von zwei oder mehreren Ringen unterscheidet man je nach der Anzahl der 2 Ringe gemeinsamen Ring-C-Atome zwischen *o-kondensierten Ringsystemen* (mit 2 gemeinsamen C-Atomen), z. B. Naphthalin, *Brückenringsystemen* (mit mindestens 3 gemeinsamen C-Atomen), z. B. Norkamphan, und *Spiranen* (mit einem gemeinsamen C-Atom), z. B. Spiro[4,5]-dekan.



Spiro[4,5]-dekan

4) **Heterozyklische Kohlenwasserstoffe.** Außer C-Atomen sind noch andere mehrwertige Atome im Ring gebunden, z. B. N in Pyrrol und Pyridin, S in Thiophen und O in Furan.

Alle anderen Stoffklassen, z. B. Alkohole, Aldehyde, Ketone und Säuren, leiten sich von den unter 1 bis 4 genannten durch Substitution ab.

Nomographie, graphisches Rechnen, ein Teilgebiet der angewandten Mathematik, behandelt die Verfahren, auf graphischem Wege unbekannte Größen zu ermitteln. Ein wichtiges Hilfsmittel sind dabei die **Nomogramme**. Das sind graphische Darstellungen von funktionalen Abhängigkeiten zwischen mehreren Veränderlichen. Für drei veränderliche Größen verwendet man die *Netztafeln* oder die oft einfacheren und übersichtlicheren *Fluchlinienetafeln*. Weitere Möglichkeiten für graphische Lösungsverfahren ergeben sich bei Verwendung verschiebbarer Skalen (Rechenschieber) oder durch Verschiebung von Kurven auf Netztafeln. Nomogramme können bei der Lösung praktischer Aufgaben viel Rechenarbeit ersparen, wenn derselbe funktionale Zusammenhang wiederholt für verschiedene Werte anzuwenden ist. Deshalb wird die N. vor allem in der Technik in zunehmendem Maße angewendet.

Lit. Körwien: Graphisches Rechnen (6. Aufl. Leipzig 1952); Luckey: N. (7. Aufl. Leipzig 1953); Pentkowski: N. (dtsch. Berlin 1953); Schmid und Haendel: Graphisches Rechnen und N. (2. Aufl. Freiberg 1957); Werth und Gröll: N. (Leipzig 1964); Christow: Anwendung der N. im Bergbau (Leipzig 1964); Stammberger: Nomogramm (Berlin 1967).

Nonius m, ein Hilfsmaßstab zum Ablesen von Bruchteilen der Einheiten eines Hauptmaßstabes mit gleichabständiger gerader Teilung oder Kreisteilung. Der N. dient zur Vermeidung von Schätzungsfehlern. Der **Zehntelnonius** bei Millimeter- oder Neugradteilungen, der gebräuchlichste N., hat 10 Teile. Ein Teilstrichabstand ist dabei ein Zehntel kleiner als ein oder zwei Teilstrichabstände der Hauptteilung, wenn der N. in Richtung derselben verläuft; er ist ein Zehntel größer, wenn er entgegengesetzt verläuft. Die Gesamtlänge beträgt beim gleichläufigen N. 9 oder 19, beim gegenläufigen 11 oder 21 Teile des Hauptmaßstabes. Beim Ablesen wird derjenige Teilstrich des N. gesucht, der mit einem Teilstrich des Hauptmaßstabes zusammenfällt (in der Abb. der sechste); danach fügt man die entsprechende

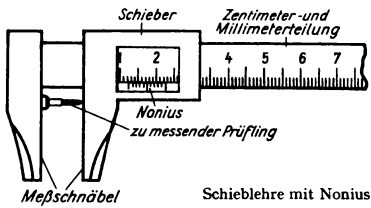


Naphthalin



Norkamphan

Anzahl Bruchteile (hier also $\frac{1}{10}$ mm) zu den ganzen Teilen des Hauptmaßstabes (hier 11 mm) hinzu, hinter denen der erste Strich der Noniusteilung steht (in diesem Falle $11 \text{ mm} + \frac{1}{10} \text{ mm} = 11,6 \text{ mm}$). Andere übliche Noniusteilungen: 8, 16, 32 bei Zollmaßstäben, 5, 6, 12, 60 bei Altgradteilkreisen, 20, 50 bei Millimetermaßstäben.



Schieblehre mit Nonius

Nonne, ein gekrümmter → Dachziegel.

Nonpareille, ein → Schriftgrad.

Nonyl... → Alkyl...

Nordkomponente, → Erdmagnetismus.

Nordlicht, → Polarlicht.

Nordpol, 1) der nördliche Schnittpunkt der Umdrehungsachse der Erde mit der Erdoberfläche. Gegenpunkt ist der Südpol. Am N. geht die Sonne vom 21. März bis 23. September nicht unter (Nordpolartag), vom 23. September bis 21. März nicht auf (Nordpolarnacht).

2) magnetischer N., → Magnetismus, → Erdmagnetismus.

Nordpunkt, der Schnittpunkt zwischen Horizont und Meridian, der nördlich vom Beobachter gelegen ist.

Norit, ein → Gabbro.

Norm, in der Wirtschaft ein Vereinheitlichungsergebnis und damit die gleiche Lösung einer sich wiederholenden Aufgabe durch → Normung.

Normal n., im weiteren Sinne eine zum Vergleich dienende Angabe oder Anordnung; im engeren Sinne in der Technik eine Verkörperung einer bestimmten Maßgröße, eine durch eine genormte Vorrichtung erzeugte Größe (Normalton, Normalwiderstand) oder eine Größe, die unter genormten Bedingungen reproduzierbar ist (Normaltemperatur). In der Längenmeßtechnik bezeichnet man als N. eine Maßverkörperung (Endmaß, Maßstab, Lehre), deren Eignung zum Vergleichen anderer Meßmittel durch staatliche Dienststellen des Meßwesens bestätigt ist. Ein **Urnormal** ist die genaueste Verkörperung einer Maßeinheit, z. B. Urmeter.

Normale, in einem Kurven- oder Flächenpunkt diejenige Gerade, die auf der Tangente bzw. der Tangentialebene dieses Punktes senkrecht steht.

Normal Elemente, → galvanische Elemente.

Normalhöhe, → Normalnull.

Normalisieren, svw. Normalglühen, → Glühen.

Normalität, → Konzentration.

Normallösung, abg. n-Lösung, zur Volumetrie verwendete Lösung, die die Menge angibt, die einem Grammatom Wasserstoff oder einem halben Grammatom Sauerstoff entspricht. Eine N. enthält also in 1 l 1 Grammäquivalent (Val) des gelösten Stoffes. In der Regel werden bei Analysen 0,1 n-Lösungen verwendet.

Normalnull, abg. N.N., der Nullpunkt des Amsterdamer Pegels, seit 1879 Bezugsnulppunkt für alle amtlichen deutschen Höhenmessungen und Höhenangaben (in der DDR bis 1957). Die Angabe „793 m ü. N.N.“ z. B. bedeutet, daß der so gekennzeichnete Punkt 793 m über dem mittleren Wasserstand der Nordsee bei Amsterdam, also „793 m über dem Meeresspiegel“ bzw. in „793 m Seehöhe“ liegt. Da der mittlere Wasserstand der Meere z. T. beträchtlich differiert, sind die viel benutzten Bezeichnungen „... über dem Meeresspiegel“ bzw. „Seehöhe“ nicht exakt. Je nach Pegelanschluß gelten in den einzelnen

Staaten verschiedene Bezugspunkte. In der DDR legt man wie in den benachbarten sozialistischen Staaten seit 1957 den Pegel Kronstadt bei Leningrad als Bezugspunkt für staatliche Vermessungsarbeiten zugrunde. Die Höhen in diesem System, zu deren Berechnung die genaue Kenntnis der Schwerkraft erforderlich ist, werden als **Normalhöhen**, abg. H.N., bezeichnet. Die Normalhöhen differieren gegenüber dem alten deutschen System der Normalnull-Höhen um etwa + 16 cm.

Normalschwere, → Schwerkraft.

Normalspur, → Spurweite.

Normaluhr, eine Präzisionsuhr, deren Zeitangabe die Grundlage für die Zeitangabe anderer Uhren bildet. N.en sind z. B. bei elektrischen Uhrenanlagen die Mutteruhr (Hauptuhr), von der aus die Nebenuhren betrieben werden, oder in Sternwarten die astronomische Hauptuhr. Die in der Umgangssprache als N. bezeichnete öffentliche Uhr auf Straßen ist in Wirklichkeit meist eine Nebenuhr, die von einer Hauptuhr gesteuert wird. **Normative**, in der Planung und Statistik der DDR qualitative Kennziffern (wissenschaftlich begründete Ausgangsgrößen der Planung), die den unter den nationalen Bedingungen der DDR in der Perspektivplanperiode zu erreichenden Höchststand ausdrücken. N. sind das Ergebnis wissenschaftlicher Analysen ihrer technischen und ökonomischen Bedingungen und der sie bildenden Elemente sowie der sie bestimmenden Veränderungsfaktoren.

Normung, in der Wirtschaft das Festlegen vor allem von → Standards und von Aufwandsnormen, d. h. von → Arbeitsnormen, Materialverbrauchsnormen und normativen Festlegungen über den materiellen Verschleiß der Arbeitsmittel, auch von Bestandsnormen (Vorratsnormen) und Kapazitätsausnutzungsnormen (Ausnutzungskategorien der Produktionskapazität).

Lit. → Standardisierung.

Normzahlen, frühere Bezeichnung für → Vorzugszahlen.

Normzeit, → Zeitgliederung in der Produktion.

Normzustand, → Gas.

Nosean, ein → Feldspatvertreter.

Notbremse, → Eisenbahnbremsen.

Notenstich, Musiknotenstich, die Herstellung der für den Musikaliendruck erforderlichen Umdruckform. Auf einer blanken, aus einer Blei-Zinn-Legierung bestehenden Gußplatte werden mit dem **Rastral**, einem Werkzeug mit fünf gleich weit entfernten Stahlspitzen, die Notenlinien eingraviert. Mit einem stumpfen Stahlstift zeichnet man dann spiegelbildlich sämtliche Charaktere auf die Platte. Darauf werden mit stählernen Stempeln die gleichbleibenden Zeichen (Notenköpfe, Schlüssel, Schrift) in die Platte eingeschlagen. Bogen, Stiele, Teilstriche u. a. graviert man mit einem Stichel ein. Korrekturen sind durch Wegschaben der Fehler und Aufklopfen der betreffenden Stelle von rückwärts möglich. Von der fertigen Platte fertigt man auf Umdruckpapier mit fetter Farbe einen Abzug an, der, auf Zink- oder Aluminiumbleche umgedruckt, die Notendruckform ergibt. Heute wird die Platte vielfach auf Barytpapier abgezogen, der Abzug in der Reproduktionsphotographie in dem gewünschten Größenverhältnis aufgenommen und so die für den Offsetdruck erforderliche Kopiervorlage gewonnen.

Notsignal, ein akustisches, optisches oder mittels Funkanlagen abgegebenes Signal von in Seenot befindlichen Schiffen bzw. von Rettungsbooten oder von in Seenot befindlichen Flugzeugen. **Akustische N.e** sind Kanonenschläge (Knallkörper) oder anhaltendes Ertönen eines Nebelsignalgerätes. Als **optisches N.** verwendet man das Flaggsignal „NC“ des „Internationalen Signalbuchs“ oder eine viereckige Flagge in Verbindung mit einem Ball, das Abschießen von Ra-

Notstromversorgung



Doppelhelix eines DNS-Moleküls (Strukturmodell von Watson und Crick)

keten oder Leuchtkugeln mit roten Sternen oder von Fallschirmraketen mit rotem Licht, ferner das Abtrennen von Öl- und Teerfässern an Deck. Der **Seenotruf** wird durch Lichtsignalspruch oder funkttelegrafisch auf der Seenotwelle (500 kHz) durch das dreimal wiederholte Morsezeichen → SOS (funkttelegrafisch nach vorheriger Abgabe von 12 Strichen) gegeben. Über Funktelefonie (Sprechfunk) wird auf der Seenotwelle (Frequenz 2182 kHz) der Seenotruf durch das dreimal wiederholte Wort Mayday eingeleitet (englische Aussprache des französischen m'aidez! 'helft mir.', deutsch gesprochen Mädee). Auf den Seenotwellen herrscht zur besseren Überwachung in jeder Stunde zweimal 3 Minuten lang Funkstille; beim Hören eines Seenotrufes muß darüber hinaus jeder Funkverkehr, der nichts mit diesem zu tun hat, ruhen.

Notstromversorgung, die Versorgung von Verbrauchern mit dem zur Aufrechterhaltung des Betriebes notwendigen Mindestbedarf an Elektroenergie bei Ausfall der normalen Stromversorgung. Die N. erfolgt aus besonderen Ersatzstromquellen (**Notstromaggregate**). Verwendet werden Akkumulatoren oder Maschinensätze aus Antriebsmaschine und Generator. Wegen rascher Betriebsbereitschaft sind die Antriebsmaschinen meist Verbrennungskraftmaschinen (Dieselmotoren, für Kleinausführung Ottomotoren). Die Umschaltung auf N. geht oft automatisch vor sich. N. ist besonders wichtig, wenn durch Stromunterbrechung Gefährdung von Menschenleben oder Sachschaden entstehen kann, z. B. für Krankenhäuser, Industrieanlagen, Flugplatzbefuerung.

Nova f. Plur. Novae, Neuer Stern, ein veränderlicher Stern, der seine Helligkeit innerhalb weniger Stunden auf das 10000- bis 150000fache steigert und darauf zuerst schnell, dann immer langsamer im Verlauf von Monaten in den früheren Zustand zurückkehrt. Während des Ausbruches werden große Materiemengen (etwa 10^{-3} bis 10^{-4} Sonnenmassen) mit hoher Geschwindigkeit (bis 2500 km/s) in den Raum hinausgeschleudert. Die während eines Ausbruchs ausgestrahlte Energie entspricht im Mittel derjenigen, die die Sonne in rund 2000 Jahren ausstrahlt. Die Ursachen der Ausbrüche sind nicht sicher bekannt. Da bei mehreren Novae nach jahrzehntelanger Ruhe weitere Ausbrüche beobachtet werden konnten, sind die Novae möglicherweise besonders extreme und langperiodische Veränderliche (→ veränderlicher Stern).

Die **Supernovae** sind Novae, deren Helligkeitssteigerung etwa das 40millionenfache beträgt. Sie strahlen bei einem Ausbruch im Mittel soviel Energie aus, wie die Sonne in 10 bis 100 Millionen Jahren. Im Milchstraßensystem wurden bisher 3, in extragalaktischen Sternsystemen ungefähr 50 beobachtet. Die bei einem Supernovaausbruch ausgestoßene Sternmaterie (etwa 1 Sonnenmasse) erreicht Geschwindigkeiten von 10000 km/s. Sie bildet dann eine Nebelhülle. Wahrscheinlich sind die planetarischen Nebel Überreste von Supernovae.

Novolake, eine Gruppe der → Phenolharze.

Nox, Kurz. **nx**, nicht gesetzliche Einheit für die Dunkelbeleuchtungsstärke beim Sehen mittels Stäbchen der Netzhaut des Auges im Bereich von Leuchtdichten $< 10^{-3}$ Stilb/n. $1 \text{ nx} = 10^{-3} \text{ lx}$ (Lux).

Noxen Plur., in der Arbeitsmedizin Bezeichnung für den Organismus schädigende Umwelteinflüsse beim Arbeitsprozeß. N. sind z. B. in der chemischen Industrie bei bestimmten Produktionsprozessen auftretende toxisch wirkende Gase.

Np, 1) Kurz. für → Neper, 2) Symbol für → Neptunium.

NRT, Kurz. für Nettoregistertonne. → Registertonne.

ns, Kurz. für Nanosekunde. → Sekunde.

Ns, Kurz. für → Newtonsekunde.

NS, Abk. für Normschliff, → Schliff.

NTE, Abk. für Nitritotriessigsäure, → Komplexzone.

NTSC-Verfahren, → Farbfernsehen.

Nu, Zeichen für → Nusselt'sche Zahl.

Nubuk, ein → Leder.

nuklear [lateinisch nucleus, 'Kern'], svw. Kern...

nukleare Waffen, svw. → Kernwaffen.

Nukleinsäuren, Nukleine, stickstoff- und phosphorhaltige hochpolymere organische Verbindungen. Sie sind Bestandteile aller lebenden Zellen, in denen sie als Nukleoproteide vorkommen, und an vielen grundlegenden biologischen Syntheseprozessen maßgebend beteiligt. Bausteine der N. sind die **Nukleotide**, d. s. Phosphorsäureester der **Nukleoside**, die aus je einem Rest bestimmter organischer Basen (z. B. Purine oder Pyrimidine) und einer Pentose (z. B. Ribose oder D-2-Desoxyribose) bestehen. Nach der Pentosekomponente unterscheidet man die D-Ribose enthaltende **Ribonukleinsäure**, abg. **RNS**, und die D-2-Desoxyribose enthaltende **Desoxyribonukleinsäure**, abg. **DNS**. In jeder dieser N. kommen 4 verschiedene Basen vor, in der RNS Adenin, Guanin, Zytosin und Uracil, in der DNS an Stelle von Uracil Thymin. Die RNS findet sich vor allem im Protoplasma der Zellen und ist vorwiegend an der Eiweißsynthese beteiligt. Die DNS kommt hauptsächlich im Zellkern vor; sie bildet nach dem von Watson und Crick entwickelten Strukturmodell eine Doppelhelix (Abb.).

In der DNS sind sämtliche Entwicklungs- und Vererbungsprinzipien des entstehenden Lebewesens in Form des genetischen Codes gespeichert, der beim Vererbungsvorgang durch Aufspaltung der Doppelhelix und Synthese eines Komplementärstrangpaares identisch reproduziert wird. Der Code, durch verschiedene Kombination von jeweils drei der vier in der DNS enthaltenen Basen gebildet, liefert das Muster für den Aufbau der an der Entwicklung beteiligten Fermente.

Nukleon, die zusammenfassende Bezeichnung für die beiden Bausteine der Atomkerne, Proton und Neutron. Proton und Neutron lassen sich als verschiedene Zustände eines Teilchens, nämlich des N., auffassen. Die entsprechenden **Antinukleonen** sind Antiproton und Antineutron. N. und Antinukleonen sind schwere Elementarteilchen aus der Klasse der Baryonen.

Nukleoproteide, → Proteide.

Nukleoside, → Nukleinsäuren.

Nukleotide, → Nukleinsäuren.

Nuklid, eine Atomkernart, die sich im Bau von anderen Atomkernarten unterscheidet. Der Begriff N. wurde 1950 international eingeführt, um den heute noch sehr verbreiteten, aber unkorrekten Gebrauch des Wortes Isotop für Atomart schlechthin auf seine ursprüngliche Bedeutung zu beschränken, denn Isotope sind N.e gleicher Kernladungszahl, die also im Periodensystem der Elemente an gleicher Stelle stehen. Beispiel: (Radioaktive) Isotope sind Phosphor-32 ($^{32}_{15}\text{P}$) und Phosphor-33 ($^{33}_{15}\text{P}$); dagegen sind Phosphor-32 und Kobalt-60 ($^{60}_{27}\text{Co}$) nur mit dem Sammelbegriff (radioaktive) N.e (oder Radionuklide) zu bezeichnen, denn diese haben verschiedene Kernladungszahlen, sind also keine Isotope.

Null, Zeichen 0, 1) diejenige Zahl, die, zu einer beliebigen Zahl a addiert, diese Zahl unverändert läßt: $a + 0 = a$. Die N. hat demnach hinsichtlich der Addition dieselbe Eigenschaft wie die Zahl 1 bezüglich der Multiplikation ($a \cdot 1 = a$) und wird deshalb auch als „neutrales Element der Addition“ bezeichnet. Die Einführung der N. als Zahl wurde notwendig bei der Erweiterung des Systems der natürlichen Zahlen zum System der negativen Zahlen als Lösung der Subtraktionsaufgabe $a - a$.

Für das Rechnen mit der N. ist folgendes zu beachten:

a) $a + 0 = 0 + a = a$; $a \cdot 0 = 0 \cdot a = 0$;
 $0 : a = 0$.

b) Die Division einer von N. verschiedenen Zahl durch N. ist nicht ohne Widersprüche mit den üblichen Rechenregeln definierbar, hat keinen Sinn und ist deshalb unzulässig.

c) Die Ausdrücke $0 : 0$; 0^∞ ; 0^0 haben keinen bestimmten Wert.

d) $a^0 = 1$ für jedes $a \neq 0$; $0^a = 0$ für jedes $a > 0$.

e) $a : b$ und a^b können aber einem bestimmten Grenzwert zustreben, wenn gleichzeitig a und b auf vorgeschriebene Weise gegen N. gehen.

2) Als **Ziffer** in einem Positionssystem (Stellenwertsystem) dient die N. zur Bezeichnung des Nichtauftretens einer Potenz der Basis des Systems bei der Zerlegung einer Zahl nach Potenzen der Basis, d. h., die N. ist das Zeichen für das Fehlen eines Stellenwertes. Zum Beispiel bedeuten (bei Verwendung des allgemein gebräuchlichen dekadischen Systems mit der Basis 10) die beiden N. in 30205, daß bei der Zerlegung von 30205 nach Potenzen von 10

$3 \cdot 10^4 + 0 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$ die Potenzen 10^3 und 10^1 (Tausender und Zehner) nicht auftreten. Bei Verwendung eines Zahlensystems mit der Basis 2 (\rightarrow Dualsystem) wird die Zahl 17 z. B. wegen

$17 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$ durch 10001 dargestellt.

3) Unter den **Nullstellen** einer Funktion $y = f(x)$ versteht man diejenigen Zahlenwerte a , die, für das Argument x eingesetzt, den Funktionswert 0 ergeben: $f(a) = 0$. Die Bestimmung der Nullstellen der Funktion $y = f(x)$ ist gleichbedeutend mit dem Aufsuchen der Lösungen (Wurzeln) der Gleichung $f(x) = 0$. In der graphischen Darstellung einer Funktion sind die Nullstellen die Schnitt- bzw. Berührungspunkte der x -Achse mit der darstellenden Kurve.

Nullereffekt, svw. \rightarrow Nullrate.

Nullleiter, \rightarrow Dreiphasenstrom.

Nullfolge, \rightarrow Folge.

Nullinie, 1) **neutrale Linie**, Sammellinie der Durchstoßpunkte aller neutralen Fasern durch den Querschnitt eines auf Biegung beanspruchten Stabes.

2) **Meßtechnik**: in der schaubildlichen Darstellung der Toleranzfelder (\rightarrow Toleranz) die Bezugslinie für die Abmaße, die dem Abmaß und damit dem Nennmaß entspricht. Für die Toleranzfelder der Einheitsbohrung ist sie untere Begrenzungslinie, für die Toleranzfelder der Einheitswelle ist sie obere Begrenzungslinie.

Nullmethode, die Meßmethode, bei der die Stromlosigkeit eines Leiterzweiges oder die Spannung Null zwischen zwei Punkten einer Schaltung zur Anzeige benutzt wird. Bei Messungen nach der N. wird mit geeichten Normalen, z. B. Normalwiderständen für Widerstandsmessungen oder Normalelementen für Spannungsmessungen, verglichen. Die Messungen sind sehr genau, da das Meßergebnis nicht durch Fehler von Meßinstrumenten beeinflusst wird. Die N. liegt der Brückenschaltung und dem Kompensator zugrunde.

Nullpunkt, 1) der Anfangspunkt jeder Skala. **Absoluter N.**, \rightarrow Temperatur.

2) bei Drehstrommaschinen der geerdete Sternpunkt (\rightarrow Dreiphasenstrom).

Nullrate, **Nullereffekt**, bei Strahlungsnachweisgeräten die Impulsrate, die nicht von dem zu untersuchenden radioaktiven Präparat stammt, sondern von der kosmischen Strahlung und der Umgebungsstrahlung.

Nullschicht, die etwas unterhalb der Tropopause liegende Schicht der \rightarrow Atmosphäre, in der verschiedene meteorologische Größen (Vertikal-

bewegung, Temperaturabnahme mit der Höhe) nahezu verschwinden oder aber Extreme erreichen. In horizontaler Richtung treten in der N. starke Winde auf.

Nullserie, \rightarrow Serie.

Nullspannungsauslösung, die automatische Abschaltung zum Schutz von elektrisch angetriebenen Maschinen und deren Bedienungspersonal. Die N. wird durch eine Spannungsspule bewirkt, die bei Rückgang der Spannung auf einen bestimmten Wert, oder bei ihrem völligen Ausbleiben, einen Schalter ausklinkt, so daß eine plötzliche Spannungswiederkehr keine Gefahr bildet.

Nullung, \rightarrow Erdung.

numerisch, zahlenmäßig. **N.es Rechnen**, das Rechnen mit Zahlen im Gegensatz zur Buchstabenrechnung. **N.er Wert**, der Zahlenwert. **N.e Integration**, das Berechnen von bestimmten Integralen mittels Näherungsformeln. **N.e Exzentrizität** \rightarrow Exzentrizität.

numerische Steuerung, zahlenmäßige Steuerung, eine Organisationsform der Nachrichtenübermittlung und -verarbeitung. In der \rightarrow Fertigungstechnik werden numerisch gesteuerte \rightarrow Werkzeugmaschinen vorrangig in der spanenden Formung eingesetzt. Grundlage der n.n. S. für Werkzeugmaschinen ist ein Programm, das aus Meßangaben der Werkstückzeichnung und anderen Verfahrensparametern, z. B. Werkstoff-, Werkzeug- und Maschinenkenngrößen, abgeleitet wird. Die \rightarrow Programmierung erfolgt in verschlüsselter Form durch geeignete Zahlen und Zahlensysteme auf einem Informationsträger, der in den meisten Fällen als Lochstreifen ausgebildet ist. Dieser löst beim Durchlaufen einer Datenverarbeitungsanlage Schaltbefehle für die Steuerung von Bewegungsvorgängen der Werkzeugmaschine aus.

Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen stellen eine Entwicklungsstufe zur \rightarrow Automatisierung in der Kleinserienfertigung (\rightarrow Fertigungsarten) dar. Vorteile sind unter anderem die Ausschaltung manueller Einstell- und Schaltfehler, der Wegfall von Anreißlehren, Abtastmodellen und gegebenenfalls von Werkstückzeichnungen, die Einsparung an Vorbereitungs-, Abschluß- und Hilfszeiten für den entsprechenden Arbeitsgang, bessere Möglichkeiten für die Mehrmaschinenbedienung und die Mehrschichtenarbeit sowie die Schaffung von Möglichkeiten zur Verbesserung der Fertigungsorganisation.

Lit. Mutze: Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen (Berlin 1967).

Numerus m, Plur. Numeri, 1) svw. Zahl, Ziffer.

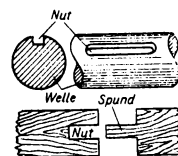
2) bei der Bildung des \rightarrow Logarithmus die zu logarithmierende Zahl.

Nummer, in der Textilindustrie \rightarrow Feinheit.

Nusseltsche Zahl, Zeichen Nu , dimensionslose Kennzahl zur Charakterisierung des Wärmeüberganges von einer festen Wand an das umströmende Medium oder umgekehrt. $Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$.

Hierbei ist α der Wärmeübergangskoeffizient, l eine charakteristische Länge und λ die Wärmeleitfähigkeit des strömenden Mediums.

Nut f, Plur. Nute oder Nuten, 1) die längliche Vertiefung in einer Welle, Nebenbohrung, Führungsschiene oder Oberfläche eines Maschinenteils, in der z. B. ein Führungsstift gleitet oder in die ein Keil oder eine Paßfeder zur Führung oder Befestigung eines anderen Maschinenteils eingelegt wird; speziell in Lagerflächen als Schmiernut. Bei elektrischen Maschinen bezeichnet man als N.e in das Blechpaket gestanzte Aussparungen zur Aufnahme der Wicklungen. Die Herstellung der N.e erfolgt z. B. bei Wellen durch Fräsen, bei Bohrungen durch Stoßen oder Räumen.



Nut (oben, Welle, unten Holzwerkstück)

2) eine längliche Vertiefung in Holzwerkstücken mit meist rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt. Die N. dient als Verbindungselement zur Aufnahme einer Feder, zur Führung von Schiebeteilen u. dgl.

Nutation, 1) Physik: die außer der regulären Präzession des → Kreisels mitunter auftretenden häufigen Pendelungen (Nickbewegungen) der Kreiselachse.

2) Astronomie: die periodischen Schwankungen der → Präzession.

Nutsche, → Filter.

Nutzlast, → Belastung.

Nutzleistung, effektive Leistung, die von einer Kraftmaschine nach außen abgegebene ausnutzbare Leistung an einer Schwungscheibe.

Nutzmasse, bei Fahrzeugen die Masse des beförderten Gutes. Die zulässige N. ist diejenige Masse des Ladegutes, die das betriebsfertige Fahrzeug bei gleichmäßiger oder durch den Aufbau gegebener Lastverteilung tragen kann, ohne daß die zulässige Gesamtmasse (Leermasse und N.), bei Landfahrzeugen mit Rädern auch die zulässigen Achslasten überschritten werden. Gegensatz: Eigen-, Leermasse.

Nuvistor m, eine äußerst kleine Elektronenröhre mit hochevakuiertem Metallkolben. Der N. besteht aus Bauteilen, die mit Automaten gefertigt und auch montiert werden. Entwickelt wurden die N. zum Betrieb bei äußerst hohen Beschleunigungen für die Raumfahrt. Sie erfüllen höchste Anforderungen hinsichtlich Zuverlässigkeit, Langlebensdauer, Rauscharmut. Auf Grund des extrem niedrigen Heizleistungsbedarfs und kleiner Kreuzmodulation könnten sie für viele Anwendungen ernsthafte Konkurrenten des Transistors sein.

NW, 1) Abk. für Niedrigwasser, → Wasserstand.

2) Abk. für → Nennweite.

nx, Kurzz. für → Nox.

Nylon, → Chemiefaserstoffe, Übers.

NZ, Abk. für → Neutralisationszahl.

o-, Abk. für → ortho-.

O, 1) Symbol für → Sauerstoff. 2) Abk. für Osten.

Oberbau, im Eisenbahnbau die Bezeichnung für Bettung und Gleis.

Oberdruckhammer, ein → Maschinenhammer.

Oberfläche, 1) Technik: die Begrenzungsfläche eines Körpers, durch die dieser vom übrigen Raum getrennt wird. Bei technisch hergestellten Körpern spricht man von technischer O. Die in der Fertigung entstandene und durch Prüfung festgestellte Istoberfläche weicht von der geometrisch-idealen O. und der vorgeschriebenen Solloberfläche aus fertigungs- und werkstoffbedingten Gründen ab. Die Gesamtheit aller Abweichungen der Istoberfläche von der geometrisch-idealen Oberfläche bildet die **Gestaltabweichung** des Körpers. Nach TGL 0-4760 wird die Gestaltabweichung der Istoberfläche in Abweichungen 1. bis 6. Ordnung zerlegt.

Die Abweichungen in der Grobgestalt (1. Ordnung) werden durch Fehler in den Führungen der Werkzeugmaschinen, durch Durchbiegung der Maschine oder des Werkstückes oder durch falsche Einspannung des Werkstückes hervorgerufen. Wellen (2. Ordnung) werden durch Formfehler oder Schwingungen des Werkzeuges oder durch Ungleichmäßigkeiten des Werkstoffes, Rillen (3. Ordnung) durch die Form der Werkzeugschneide verursacht. Riefen, Schuppen und Scharten (4. Ordnung) entstehen durch Schartigkeit oder Abstumpfung der Werkzeugschneide, Kuppen durch galvanische Behandlung der O.

Abweichungen 5. und 6. Ordnung werden durch chemische oder physikalische Veränderungen im → Gefüge oder in der Kristallstruktur des Werkstoffes, z. B. bei Korrosion oder Verformung, herbeigeführt. Beschädigung ist eine von der Fertigung nicht beabsichtigte nachträglich entstandene Verformung der O.

Die **Oberflächenprüfung** in der Technik hat die Erfassung und Beurteilung der Gestaltabweichungen 2. bis 5. Ordnung zum Ziel. Die einfachste Prüfung besteht in einem Vergleich der zu untersuchenden O. mit den der Bearbeitung entsprechenden Oberflächenmustern (Oberflächen-normale), die für die verschiedenen Bearbeitungsverfahren (Drehen, Fräsen usw.), gestuft nach bestimmten Oberflächenkennwerten, hergestellt werden. Der Vergleich wird vorgenommen durch Betrachten mit bloßem Auge oder mit optischen Hilfsmitteln (Lupe, Stereomikroskop), durch Abtasten mit dem Fingernagel oder mittels spezieller **Oberflächenvergleichsgeräte**. Diese Geräte zeigen eine Art Integralwert für die Oberfläche an. In der Differenz der Anzeigen für Werkstück und Muster drückt sich der Unterschied der Oberflächengüte beider aus. Die Vergleichsgeräte arbeiten nach dem Kondensatorverfahren, dem photometrischen oder dem pneumatischen Verfahren. Bei Geräten nach dem Kondensatorverfahren bildet das Werkstück die eine Platte des Kondensators, ein isoliert aufgedrücktes Gegenstück die andere. Änderungen der Oberflächengüte bewirken Kapazitätsänderungen, die gemessen werden. Photometrische Vergleichsgeräte messen das Verhältnis der Intensität eines auf die Oberfläche projizierten gerichteten Lichtbündels zur Intensität des zerstreut reflektierten Lichtes. Bei pneumatischen Vergleichsgeräten strömt durch eine Düse Luft konstanten Druckes auf die O. Je nach der Beschaffenheit der O. ergibt sich eine bestimmte Ausströmungsgeschwindigkeit oder Durchflußmenge, die gemessen und als Rauheitsmaß angesehen wird.

Bei der **Oberflächenmessung** werden verschiedene Oberflächenkenngrößen nach TGL 0-4762, z. B. Rauhtiefe, Glättungstiefe u. a., mittels Oberflächenmeßgeräten ermittelt. Die Geräte erfassen die Gestaltabweichungen an Oberflächen-ausschnitten, indem Schnitte senkrecht oder schräg (Profilschnitte) oder parallel (Tangential-schnitte) zur geometrisch-idealen O. gelegt werden. Für die Messung des Profilschnittes werden neben optischen Oberflächenmeßgeräten heute vorwiegend mechanisch-elektrische Meßgeräte verwendet. Sie liefern den Profilschnitt durch die zu untersuchende Oberfläche zerstörungsfrei als Lichtschnitt oder als Tastschnitt. Beim **Lichtschnittgerät** wird ein feiner Lichtspalt unter einem Winkel von 45° auf die Oberfläche projiziert und mit einem Mikroskop unter 90° zur Projektionsrichtung beobachtet. Am Bild des Lichtschnittes kann mit einer Okularmeßschraube die Rauhtiefe der O. gemessen werden. Die **Tastschnittgeräte** (→ Profiltastschnittgerät) tasten die Oberfläche mit einer Nadel ab. Oberflächenmeßgeräte, die Schnitte parallel zur Oberfläche wiedergeben, werden **Schichtliniengeräte** genannt. Sie stellen Interferenzmikroskope dar und liefern Interferenzstreifenbilder der Prüflingsoberfläche. Aus den Auslenkungen der Interferenzstreifen (Schichtlinien) läßt sich die Rauhtiefe zahlenmäßig über die bekannte Wellenlänge des im Mikroskop verwendeten Lichtes bestimmen.

2) Geometrie: die Gesamtheit aller Begrenzungsflächen eines Körpers; die O. des Würfels z. B. wird von sechs Quadratlflächen gebildet.

oberflächenaktive Stoffe, svw. → grenzflächenaktive Stoffe.

Oberflächenbehandlung, 1) → Stoffeigen-schaftsändern. 2) → Korrosionsschutz.

Oberflächenschutz, → Korrosionsschutz.

Oberflächenspannung, Zeichen σ , die zur Vergrößerung der Oberfläche einer Flüssigkeit um eine Flächeneinheit zu leistende Arbeit. Die O. kommt dadurch zustande, daß auf die an der Oberfläche der Flüssigkeit befindlichen Moleküle eine in das Flüssigkeitssinnere gerichtete Kraft wirkt, während die Moleküle im Innern von allen Seiten gleiche Kräfte erfahren. Da zur Vergrößerung der Flüssigkeitsoberfläche Moleküle an die Oberfläche gebracht werden müssen, ist dazu die Arbeit ΔW aufzuwenden:

$$\sigma = \frac{\text{Arbeitsaufwand } \Delta W}{\text{Oberflächenzunahme } \Delta A} \left[\frac{\text{erg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Die O. läßt sich wegen $\left[\frac{\text{erg}}{\text{cm}^2} \right] = \left[\frac{\text{dyn}}{\text{cm}} \right]$ auch definieren als die Kraft, die notwendig ist, um 1 cm Flüssigkeitsoberfläche aufzureißen (wobei man sich die Flüssigkeitsoberfläche etwa als ein Gummihäutchen vorstellen kann). Die O. ist zu unterscheiden von der **spezifischen Oberflächenenergie**, d. i. die Energie, die der Flüssigkeit zugeführt werden muß, um 1 cm² Oberfläche neu zu erzeugen. (Sie wäre nur dann σ , wenn σ nicht von der Temperatur abhinge; das ist aber im allgemeinen nicht der Fall.) Die O. verursacht z. B. die Kugelgestalt einer Seifenblase und die Tropfenbildung. Die in der Oberfläche der Flüssigkeit wirkende Kraft strebt die kleinste Oberfläche bei gegebenem Inhalt, also eine Kugel an (\rightarrow Kapillarität).

Oberflächenwelle, 1) Physik: eine elektromagnetische Welle, die sich längs der Grenzschicht zwischen zwei verschiedenen Medien ausbreitet. O.n sind z. B. \rightarrow Bodenwellen und Wellen längs eines dielektrischen Leiters (\rightarrow Wellenleiter).

2) Mechanik: die Welle einer Flüssigkeit an deren Grenzfläche zu einem Gas, die nur die Flüssigkeit in unmittelbarer Nähe der Oberfläche beeinflußt. O.n sind charakterisiert durch eine kreisende Bewegung der Flüssigkeitsteilchen an der Oberfläche und besitzen steile Wellenberge und flache Wellentäler. Man unterscheidet langwellige **Schwerewellen**, bestimmt durch die Wirkung der Erdschwerkraft, und kurzwellige **Kapillar- oder Kräuselwellen**, bestimmt durch die Wirkung der Oberflächenspannung.

Oberleitung, \rightarrow Fahrleitung.

Oberschicht, \rightarrow Troposphäre.

Oberton, \rightarrow Tongemisch.

Oberwerksbau, \rightarrow Untertagebau.

Oberzug, im Bauwesen ein über einer Balken- oder Trägerlage quer liegender Balken oder Träger, an dem die darunterliegenden Balken aufgehängt werden.

Objektiv (Tafel 54), bei optischen Geräten ein optisches System (Linse, Linsensystem oder Spiegel) zur Erzeugung von Abbildungen. Bei optischen Geräten mit mehreren Linsensystemen, wie Mikroskop und Fernrohr, ist das O. das dem Gegenstand zugewandte Linsensystem, während als \rightarrow Okular das augenseitige Linsensystem bezeichnet wird. Beim Bildwerfer befindet sich das O. zwischen Vorlage und Bildschirm. Spezialobjektive für die photographische Kamera sind unter anderem \rightarrow Teleobjektiv, \rightarrow Weitwinkelobjektiv.

öbl, \rightarrow beweglicher Landfunk.

Observatorium, allgemein ein Institut für astronomische, meteorologische und geophysikalische Beobachtungen, z. B. die \rightarrow Sternwarte.

Obsidian, ein \rightarrow Gesteinsglas.

O-Bus, Abk. für Oberleitungsomnibus, \rightarrow Omnibus.

Ocker, ein gelbes bis rotes Mineralgemenge, meist Eisenoxidhydrat oder Eisenoxid und Ton. Die O. sind vielseitig verwendbare, licht- und wasserrechte Pigmente. Sie können mit allen anderen Pigmenten und allen Bindemitteln verarbeitet werden und werden z. B. für Fußboden-

und Lederdeckfarben, zur Herstellung von Wachstum und Papier verwendet.

Oe, Kurz. für \rightarrow Oersted.

Oersted, Kurz. **Oe**, nach dem dänischen Physiker Oersted benannte alte Einheit der magnetischen Feldstärke; nicht mehr zulässig. 1 Oe = $\frac{10^3}{4\pi}$ A/m (Ampere/Meter) = $\frac{10}{4\pi}$ A/cm (Ampere/Zentimeter). Millioersted, Kurz. mOe, = 10^{-3} Oe.

OEZ, Abk. für Osteuropäische \rightarrow Zeit.

Ofen, \rightarrow Heizung, \rightarrow Industrieöfen.

offenes Schiff, ein \rightarrow Frachtschiff.

Off-line-Betrieb, \rightarrow Peripheriegerät, \rightarrow Prozeßrechner, \rightarrow Datenverarbeitung.

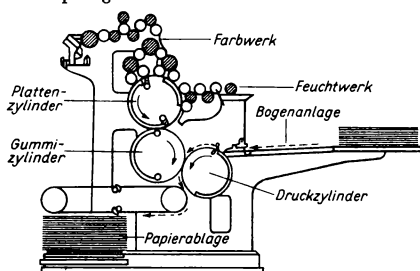
Öffner, in der Spinnerei verschiedenartige Maschinen mit Schlagorganen und Rosten zum Auflockern (Öffnen) und Reinigen hauptsächlich von Baumwollfasermassen (Flocken). Man unterscheidet **Ballenöffner**, **Horizontalöffner** und **Vertikalöffner** (Crightonöffner). Auch andere Spinnereimaschinen, z. B. Kastenspeiser, Schlagmaschine, bewirken ein Öffnen und Reinigen der Fasern vor dem Krempeln. Über Ö. für Wolle \rightarrow Wolfen.

Öffnungsblende, \rightarrow Apertur.

Offsetdruck, ein indirektes, auf dem gegensätzlichen physikalischen Verhalten von Fett und Wasser beruhendes Flachdruckverfahren (\rightarrow Druckverfahren). Bei dem O. erfolgt der Abdruck von der Druckform nicht unmittelbar auf das Papier, sondern zunächst auf einen Zwischenträger (ein Gummistuch), von dem aus dann das Abbild auf das Papier übertragen wird. Als Druckformträger dient meist eine dünne Zink- oder Aluminiumplatte oder eine Plastfolie, auf die die Vorlage durch Umdruck oder Kopieren übertragen wird. Als Kopiervorlage verwendet man durch Reproduktionsphotographie hergestellte, seitenverkehrte Negative (Negativkopie) oder Diapositive (Positivkopie), da das Bild „lese-richtig“ auf der Druckform stehen muß. Während die Druckelemente bei der Negativkopie gehärtete Teile einer auf der Druckplatte aufgetragenen dünnen Eiweißschicht darstellen, werden sie bei der Positivkopie durch tiefer liegende Stellen der Druckplatte selbst gebildet, so daß sie nur geringer mechanischer Abnutzung unterliegen. Neuerdings verwendet man auch Mehrmetall-Druckplatten. Bimetallplatten bestehen aus einer metallenen Grundplatte (z. B. Kupfer, Stahl u. a.) und einer galvanisch aufgetragenen dünnen Schicht aus anderem Metall (z. B. Chrom). Je nach dem angewendeten Kopierverfahren wirkt die beim Ätzen teilweise freigelegte Grundplatte farben- oder wasserhaltend und die Deckschicht entsprechend farb- oder wasserabstoßend. Bei Trimetallplatten ist je eine wasser- und farbenhaltende Metallschicht auf eine Trägerplatte aus billigem Metall (z. B. Zink, Schwarzblech) aufgebracht. Während eine Negativkopie nach höchstens 30000 Drucken völlig abgenutzt ist, können mit einer im Positiv-Kopierverfahren hergestellten Zinkdruckplatte etwa 50000, mit einer Mehrmetallplatte weit über 100000 Drucke hergestellt werden.

Beim Druck auf der **Einfarben-Offsetdruckmaschine** wird die auf einen Plattenzylinder aufgespannte Druckplatte bei jeder Umdrehung abwechselnd durch Wischwalzen eines Feuchtwerks mit Wasser befeuchtet und durch Walzen eines Farbwerks mit Druckfarbe eingefärbt. Dabei nehmen die bildfreien Stellen Feuchtigkeit auf, stoßen aber die Farbe ab, während die Bildstellen die Farbe annehmen und das Wasser abstoßen. Das Abbild der Druckplatte wird dann auf einen Gummizylinder und von diesem auf das Papier, das zwischen Gummi- und Druckzylinder hindurchläuft, übertragen. Bei **Zweifarb-Offsetdruckmaschinen** in Tandemanord-

nung durchläuft der Druckbogen zwei Druckwerke mit insgesamt 5 Zylindern, bei Aggregatmaschinen zwei zusammengekoppelte Einfarbdruckmaschinen, so daß beide Farben in einem Arbeitsgang gedruckt werden können. Die Leistung moderner Bogen-Offsetdruckmaschinen beträgt bis zu 10000 Drucke/h und liegt somit wesentlich höher als im Buchdruck. Bei **Rollenoffsetmaschinen** wird auf von der Rolle ablaufendes Papier gedruckt.



Bogen-Rotations-Offsetdruckmaschine (die punktierten Pfeile bezeichnen die Laufbahn des Papiers)

Neuzeitliche O.e erkennt man unter dem Fadenzähler an ihren farbigen Flächen und ihren randscharfen, in voller Farbtiefe stehenden Rasterpunkten. Angewendet wird der O. hauptsächlich für mehrfarbige Werbeschriften, Bilderbücher, Buchumschläge, Packungen, Plakate und auch für den Werkdruck und Zeitungsdruck.

Lit. Engelmann u. Schwendt: Der O. – aus der Praxis für die Praxis (Stuttgart 1962); → Druckverfahren.

Ohm, Kurzz. Ω , nach dem deutschen Physiker Ohm benannte gesetzliche Einheit des elektrischen Widerstandes. Das O. ist der elektrische Widerstand zwischen zwei Punkten eines homogenen und gleichmäßig temperierten metallischen Leiters, durch den bei der Spannung 1 V (Volt) zwischen den beiden Punkten ein zeitlich unveränderlicher Strom der Stärke 1 A (Ampere) fließt. $1\Omega = 1\text{ V/A}$. Kiloohm, Kurzz. $k\Omega$, $= 10^3\Omega$. Megaohm, früher Megohm, Kurzz. $M\Omega$, $= 10^6\Omega$. Gigaohm, Kurzz. $G\Omega$, $= 10^9\Omega$. Teraohm, Kurzz. $T\Omega$, $= 10^{12}\Omega$. Milliohm, Kurzz. $m\Omega$, $= 10^{-3}\Omega$. Mikroohm, Kurzz. $\mu\Omega$, $= 10^{-6}\Omega$.

Das → akustische Ohm ist die Einheit der akustischen Impedanz, das → mechanische Ohm die Einheit der mechanischen Impedanz.

Ohmmeter, svw. → Widerstandsmesser.

Ohmscher Widerstand, der durch das Ohmsche Gesetz definierte → Widerstand. Bei einem Wechselstromkreis versteht man unter dem Ohmschen W. den Wirkwiderstand, → Wechselstromwiderstand.

Ohmsches Gesetz, von dem deutschen Physiker Ohm 1826 entdecktes, grundlegendes Gesetz der Elektrizitätslehre. Es besagt, daß bei Stromfluß durch einen Leiter unter bestimmten Bedingungen (insbesondere konstanter Temperatur) das Verhältnis aus dem Spannungsabfall U über dem Leiter und der Stärke I des fließenden Stromes konstant ist. Dieses Verhältnis wird elektrischer Widerstand R genannt:

$$\frac{U}{I} = R = \text{konst. bei konstanter Temperatur.}$$

Das Ohmsche G. gilt in dieser Form für Gleichstrom und bei Abwesenheit von elektrostatischen (Kapazitäten) und magnetischen (Induktivitäten) Energiespeichern auch für Wechselstrom. Werden jedoch solche Energiespeicher von dem betrachteten Wechselstrom durchflossen, so ist das Ohmsche G. für die in das Gebiet der komplexen Zahlen übertragenen Größen von Spannung, Strom und Widerstand gültig (→ Wechselstromwiderstand).

OHZ, Abk. für → Hydroxylzahl.

Oklusion, in der Meteorologie eine Störungsline, die durch die Vereinigung einer Kaltfront und einer Warmfront entsteht und den Charakter von einer der beiden hat. Oberhalb der O. muß sich dann, wie in einer Schale, Warmluft befinden.

ökonomische Hebel, in der sozialistischen Ökonomie gesetzmäßige Beziehungen zwischen den objektiven gesellschaftlichen Erfordernissen und den materiellen Interessen der Menschen, die direkt oder indirekt wirken und durch ihre jeweilige Gestaltung die Werktätigen zu einem bestimmten wirtschaftlichen Verhalten anregen. Die ö.n. H. tragen bei richtiger Anwendung wesentlich zur Verbesserung der wissenschaftlichen Leitungstätigkeit und zur Gestaltung optimaler Pläne bei und orientieren auf die ökonomisch wirksamste Lösung der in den Plänen festgelegten Aufgaben. Bei den ö.n. H.n. sind zwei Wirkungsbereiche zu unterscheiden, der Bereich der wirtschaftlichen Rechnungsführung (Selbstkosten, Preis, Gewinn, Kredit, Zins u. a.) und der Bereich der persönlichen materiellen Interessiertheit (Arbeitslohn, Prämie u. a.). Die richtige Anwendung der ö.n. H. verlangt, beide Wirkungsbereiche zu einem höchst wirkungsvollen Mechanismus zusammenzuführen.

Oktadezen-9-ol-(1), ein → Fettalkohol.

Oktader, n , Achtflächner, ein regelmäßiger Körper, der von acht kongruenten, gleichseitigen Dreiecken begrenzt wird (Abb. → Körper). Das O. ist einer der fünf platonischen Körper.

Oktalsystem, ein Zahlensystem (→ Zahl), das zur Zahlendarstellung die acht Ziffern 0 bis 7 sowie die Grundzahl (Basis) 8 benutzt. Zum Beispiel bedeutet die Oktalzahl 4635 die Summe $4 \cdot 8^3 + 6 \cdot 8^2 + 3 \cdot 8^1 + 5 \cdot 8^0$; ihre Darstellung im → Dezimalsystem lautet also 2461.

Oktane, zu den Alkanen gehörende Kohlenwasserstoffe der allgemeinen Summenformel C_8H_{18} . Sie sind farblose, leicht brennbare Flüssigkeiten, die im Erdöl und in Benzin enthalten sind. Besonders wichtig ist Isooktan (2,2,4-Trimethylpentan), das infolge seiner hohen Oktanzahl Spezialkraftstoffen, z. B. Flugbenzin, zugesetzt wird und ferner zur Bestimmung der Oktanzahl dient.

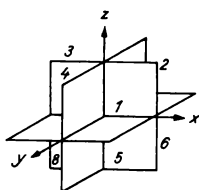
Oktant, 1) ein Winkelmeßgerät in Form eines Achtelekreises mit Gradeinteilung, das wie der → Sextant zur Ortsbestimmung verwendet wird.

2) in der Mathematik a) jeder der 8 Teile der Kreislinie oder -fläche; b) jeder der 8 Teile der Kugelfläche oder des Kugelkörpers; c) jeder der 8 Teile, in die der ganze Raum durch die Koordinatenebenen eines räumlichen rechtwinkligen Parallelkoordinatensystems geteilt wird (Abb.).

Oktanzahl, abg. OZ, eine Kennzahl für die Klopfestigkeit von Kraftstoffen (→ Klopfen). Sie gibt den prozentualen Anteil an Isooktan in einer Mischung aus Normalheptan C_7H_{16} (klopfreudig) und Isooktan C_8H_{18} (sehr klopfest) an, die die gleichen Klopf Eigenschaften wie der zu untersuchende Kraftstoff zeigt. Nach einer internationalen Festlegung hat reines Normalheptan die O. Null und reines Isooktan die O. 100. Bei gleicher Klopfestigkeit in einem Prüfmotor ergibt der Raumanteil des Isooktans die O. der Eichflüssigkeit und damit des zu prüfenden Kraftstoffes. Nach den Bestimmungsmethoden unterscheidet man zwischen Motoroktanzahl, abg. MOZ, Researchoktanzahl, abg. ROZ, und Straßenoktanzahl, abg. SOZ. Die O.en von Kraftstoffen werden durch Zusatz von → Antiklopfmitteln mehr oder weniger stark erhöht. Die in der DDR z. Z. gehandelten Vergaserkraftstoffe VK Normal und VK Extra besitzen eine MOZ von 79 bzw. 88.

Oktode, eine → Elektronenröhre.

Oktyl..., → Alkyl...



Oktant

Okular, bei zusammengesetzten optischen Geräten (Mikroskop, Fernrohr) das augenseitige Linsensystem zur visuellen Beobachtung des vom Objektiv erzeugten Zwischenbildes eines Gegenstandes. Das O. verlegt das Bild, meist vergrößert, in eine für die Betrachtung zweckmäßige Entfernung. Das O. kann außerdem dazu dienen, Linsenfehler zu beseitigen, die von den Objektivten her noch vorhanden sind.

Öl, gemeinsamer Name für flüssige organische Verbindungen, die brennbar, leichter als Wasser und darin unlöslich, aber in Äther, Benzin und anderen Stoffen löslich sind. Man unterscheidet pflanzliche und tierische Öle (\rightarrow Fette und fette Öle), \rightarrow ätherische Öle und \rightarrow Mineralöle.

Ölabscheider, ein \rightarrow Schwimmsstoffabscheider.

Ölalkyde, \rightarrow Alkydharze.

Oleate, Ester und Salze der Ölsäure.

Olefine, svw. \rightarrow Alkene.

Olein, technische \rightarrow Ölsäure.

Oleinsäure, svw. \rightarrow Ölsäure.

Oleum, **rauchende Schwefelsäure**, eine ölige, meist dunkelbraun gefärbte, schwere Flüssigkeit, ein Gemisch von Schwefelsäure H_2SO_4 , Schwefeltrioxid SO_3 und Dischwefelsäure $H_2S_2O_7$. O. wirkt ätzend, wasseranziehend und oxydierend. Es entsteht als Zwischen- oder Endprodukt bei der Herstellung der \rightarrow Schwefelsäure. Verwendet wird es in der Technik als starkes Oxydationsmittel und zur Einführung von Sulfogruppen in organische Verbindungen.

Oleyalkohol, ein \rightarrow Fettalkohol.

Ölfarbe, ein Anstrichmittel aus Farbstoff, Pigment und einem pflanzlichen Öl als Bindemittel. Je nach Zusammensetzung sind Ö.n als Innen-, Außen- oder Rostschutzanstrich verwendbar.

Ölfeuerung, eine Feuerungsart, bei der Heizöle als Brennstoff dienen. Die Ö. hat große Vorteile gegenüber der Feuerung mit festen Brennstoffen, z. B. eine sehr gute Regelbarkeit und damit die Möglichkeit der vollkommenen wirtschaftlichen Verbrennung, die Möglichkeit der Programmsteuerung (vollautomatische Bedienung), geringeren Bedienungsaufwand, geringen Brennstofftransport, keine festen Rückstände, Verminderung der Rauch- und Rußbelästigung, ständige Betriebsbereitschaft. Nachteilig ist, daß die Ö. importabhängig ist und daß bei Neuanlagen größere Investitionen erforderlich sind. Ö. wird vielfältig in der Industrie, aber auch zur Raumheizung (Ölheizung, \rightarrow Heizung) angewendet.

Je nach Ölart (Leichtöle für Verdampfungs- und Kleinstbrenner, Mittelöle mit Vorwärmung vor der Verbrennung, Schweröle mit Vorwärmung zum Transport und vor der Verbrennung) beträgt der Heizwert $H = 9000$ bis 10000 kcal/kg, die Viskosität 1,2 bis über 100 °E (Englergrad).

Die Ölbrenner haben die Aufgabe, das Heizöl möglichst fein zu verdampfen oder zu zerstäuben, mit der erforderlichen Verbrennungsluft in der richtigen Dosierung intensiv zu vermischen und danach zu verbrennen. Die Hauptarten der Ölbrenner sind Verdampfungs-, Zerstäubungs- und Rotationsbrenner.

Durch Zündtransformatoren, Flammenwächter (thermisch oder photoelektrisch), Kessel- und Raumthermostaten wird die Ölfeuerung automatisch beeinflußt und koordiniert, oder alle Schaltvorgänge werden vollautomatisch gesteuert.

Lit. Madaus: Gas-, Öl- und Elektroheizung (3. Aufl. Berlin 1963).

Ölheizung, \rightarrow Ölfeuerung, \rightarrow Heizung.

Oligodynamie, die keimtötende Wirkung geringster Mengen eines Schwermetalls oder Schwermetallsalzes, bes. Kupfer und Silber (Silberung). Auf der O. beruhen das **Katodyn-Verfahren** und das **Cumasina-Verfahren** zur Entkeimung und Frischhaltung von Trink- und Badewasser, zur Algenbekämpfung und zur Beschleunigung des

Alterungs- und Veredlungsprozesses (Schnellreifung) bei Trink- und kosmetischen Alkoholen.

Oligoklas, \rightarrow Feldspäte.

Oligosaccharide, eine Gruppe der \rightarrow Kohlenhydrate.

Olivenerd, \rightarrow Fette und fette Öle.

Olivine, **Peridote**, eine Mineralgruppe basischer Magnesium-Eisen-Silikate. Es besteht eine Mischkristallreihe zwischen dem **Forsterit** $Mg_2[SiO_4]$, abg. Fo, und dem **Fayalith** $Fe_2[SiO_4]$, abg. Fa. Als Zwischenglieder sind benannt: **Olivin** im engeren Sinne mit 80 % Fo, 20 % Fa, **Hyalosiderit** mit 66 % Fo, 34 % Fa, **Hortonolith** mit 30 % Fo, 70 % Fa. O. sind als Fo farblos, mit steigendem Eisengehalt grün bis grünschwarz, durch beginnende Oxydation rot und rotbraun, rhombisch, Härte nach Mohs 6 bis 7, D. 3,21 bis $4,35 \text{ g cm}^{-3}$. O. finden sich in Eruptivgesteinen, als Hauptbestandteil in Peridotiten und Duniten, in Meteoriten und vulkanischen Auswürflingen, in metamorphen Gesteinen, in pneumatolytischen und kontaktmetamorphen Bereichen, in künstlichen Schlacken der Hüttenindustrie. Man verwendet O. zu feuerfesten Ofenauskleidungen mit Forsteritziegeln; schönfarbiger durchsichtiger Olivin wird unter dem Namen **Chrysolith** als Schmuckstein verarbeitet. Durch Verwitterung entstehen aus Olivinesteinen Serpentinesteine.

Ölkautschuck, frühere Bezeichnung für \rightarrow Faktis.

Ölpest, Bezeichnung für die Verunreinigung des Wassers (offenes Wasser und Grundwasser) sowie des Bodens durch Mineralöle bzw. Erdöl. Auf Grund der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Eigenschaften verursachen diese Öle unter bestimmten Bedingungen schwere Schäden. So können bereits kleinste Mengen von Mineralölen große Mengen Wasser durch starke Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigung als Trink- und Brauchwasser unbrauchbar machen. Die Geruchsschwellenkonzentration liegt im Mittel bei 1:1 Million. Aus havarierten Tankern auf offener See oft in großen Mengen austretendes Öl oder von Schiffen ins Meer gepumptes unbrauchbares Öl kann zu schweren Verschmutzungen von küstennahen Meeresgebieten oder von Küstenstrecken führen. Auf offenen Wasserflächen breitet sich Öl als dünner Film mit großer Geschwindigkeit aus und unterbindet den Gasaustausch zwischen Wasseroberfläche und Luft. In den Boden eingedrungenes Mineralöl verursacht schwere Grundwasserverunreinigungen. Der chemisch-bakterielle Abbau von Mineralölen im Boden, Grundwasser und in offenen Gewässern durch Selbstreinigungskraft ist äußerst gering, so daß eingetretene Schäden, wenn überhaupt, nur mit sehr großem Aufwand wieder beseitigt werden können.

Pflanzen werden durch toxische Kontaktwirkung geschädigt, Fische sterben häufig durch Sauerstoffmangel, Wasservögel werden durch Vernässung des Gefieders lebensunfähig. Beim Menschen kann die Aufnahme von mineralölverunreinigtem Wasser durch kanzerogene Eigenschaften der meisten aromatischen Kohlenwasserstoffe zu schweren Erkrankungen führen.

ÖLP-Verfahren, ein Verfahren der \rightarrow Stahlherzeugung.

Ölsäure, **Oleinsäure**, **Elainsäure**, $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$, die wichtigste ungesättigte Fettsäure. Ö. ist eine farb- und geruchlose Flüssigkeit (Kp. 286 °C bei 100 Torr, F. 14 bis 16 °C). Durch Zusatz von geringen Mengen salpetriger Säure geht sie in die **Elaidinsäure** (trans-Form der Ö., Kp. 225 °C bei 10 Torr, F. 52 °C) über. Durch katalytische Hydrierung entsteht Stearinsäure (**Fetthärtung**), bei der Kalischmelze Palmitinsäure. Die Salze und Ester der Ö. heißen **Oleate**. In der Natur findet sich Ö. als Glycerinester in den meisten Fetten und Ölen,

besonders in Mandelöl (75 %), Olivenöl (70 bis 85 %) und Erdnußöl (bis 60 %). Man gewinnt Ö. durch Fettspaltung. Technische Ö., die als **Olein**, **Elain** oder **Stearinöl** bezeichnet wird, fällt bei der Fabrikation der Stearinsäure als Nebenprodukt an. Sie wird hauptsächlich zur Seifenproduktion, ferner in der Textilindustrie verwendet.

Ölschiefer, bituminöser Schiefer, aus verfestigtem Faulschlamm entstandene dunkle, tonige Gesteine mit größerem Gehalt an Bitumen, aus denen sich durch Destillation Öl und Gas gewinnen lassen. Bekannte Ö. sind der Kuckersit der Estnischen SSR und der Posidonienschiefer in Schwaben sowie der Stinkschiefer des Zechsteins. Die Ö. können auch Erdölmuttergesteine sein.

Ölsüß, svw. → Glycerin.

Omega-Verfahren, ein Verfahren zur Berechnung der maximalen Belastbarkeit σ von Stäben im Hoch-, Kran- und Brückenbau, die durch Druckkräfte beansprucht werden. Man dividiert die für reine Druckbeanspruchung zulässige Spannung σ_{zul} durch die Knickzahl ω und gewährleistet damit Sicherheit gegen Knickung:

$$\sigma = \frac{\sigma_{zul}}{\omega}. \text{ Die Knickzahl } \omega \text{ nimmt mit größer}$$

werdendem Schlankheitsgrad λ (→ Knickkraft) zu und kann Tabellen entnommen werden. Im allgemeinen sind Schlankheitsgrade über 250 bei Stahl und über 100 bei Gußeisen unzulässig.

Omnibus, abg. **Bus**, ein → Kraftwagen zur Beförderung einer größeren Anzahl von Personen. Der **Kraftomnibus**, abg. **KOM**, wird von einem Verbrennungsmotor angetrieben, in Europa außer bei Kleinbussen meist einem Dieselmotor, der zur weitgehenden Ausnutzung der Fahrzeuggrundfläche als Fahrgastraum vielfach als Heck- oder Unterflurmotor eingebaut ist. Dem Fahrer wird dabei durch seinen unmittelbar an der Vorderfront befindlichen Sitz (Frontlenkbauweise) eine gute Verkehrsübersicht ermöglicht.

Der **Oberleitungsomnibus**, abgek. **O-Bus**, auch als **Trolleybus** bezeichnet, ist ein O. mit elektromotorischem Antrieb, der seine Traktionsenergie – Gleichstrom mit 600 V, vereinzelt 1000 V – mit Hilfe von zwei Stangenstromabnehmern einer zweipoligen Fahrleitung entnimmt. Er kann von Fahrleitungsmitte aus etwa 4,5 m nach beiden Seiten ausweichen. Außer durch diesen Vorzug gegenüber der schienengebundenen Straßenbahn zeichnet sich der O-Bus durch geräuscharmen Lauf, völlige Abgasfreiheit und ein hohes Beschleunigungsvermögen aus. Der Omnibus mit → Gyroantrieb (**Gyrobus**) wird nicht mehr gebaut. Der **Straßen-Schienenomnibus** (→ Schienenomnibus) kann sowohl auf Straßen als auch auf Schienen fahren.

O.se sind mit 2, größere mit 3 Achsen ausgestattet; Sattelzüge sind weniger verbreitet. Kleinomnibusse werden, wenn sie ein PKW-Fahrgestell haben, mit 8, bei kräftigerem Fahrgestell von $1\frac{1}{2}$ t Tragfähigkeit mit 16 Sitzplätzen ausgestattet. Mittlere O.se weisen etwa 35, Großomnibusse etwa 50, Großraumomnibusse mehr als 50 Sitzplätze auf. Die Karosserien von O.se sind meist speziell dem jeweiligen Verwendungszweck des Fahrzeuges als Linien- oder Reisebus im Nah- oder Fernverkehr angepaßt. Während beim Reisebus größerer Wert auf Fahrkomfort gelegt wird, tritt z. B. bei dem im innerstädtischen Linienverkehr eingesetzten O. die günstige Gestaltung von Ein- und Ausstieg sowie ein ungestörter Fahrgastfluß in den Vordergrund. O.se für Fernverkehr (Überlandomnibusse) werden in 1-Deck- oder $1\frac{1}{2}$ -Deckbauweise gebaut, wobei der $1\frac{1}{2}$ -Decker durch den hinteren hochgezogenen und meist mit Dachverglasung versehenen Aufbau besonders als Reisebus und Aussichtswagen geeignet ist. Der unter dem hochgezoge-

nen Fahrzeugteil vorhandene Raum ist für Gepäck verfügbar; er wird auch zur Unterbringung von Schlafkojen ausgenutzt. Moderne Reisebusse haben ferner eingebaute Bar, Waschraum und WC. Großraumomnibusse für den innerstädtischen Linienverkehr werden auch als Doppelstockomnibusse oder als Gelenkomnibusse gebaut, mit denen besonders viele Fahrgäste befördert werden können. Der **Gelenkomnibus** besteht aus zwei gelenkig miteinander verbundenen Teilen; er ist durch seine Bauweise wendiger als ein O. mit Anhänger und beansprucht weniger Verkehrsraum.

Lit. → Kraftwagen.

On-line-Betrieb, → Peripheriegerät, → Prozeßrechner, → Datenverarbeitung.

Onyx, eine Varietät des → Quarzes.

Oolith, ein Sedimentgestein aus konzentrisch-schaligen, bis erbsengroßen, durch ein Bindemittel verkiteten Kugeln (Ooiden). Die Ooiden haben ein Sandkorn oder einen Fossilrest als Kern. Am häufigsten sind **Kalkoolithe** aus Kalkooiden, die durch ein kalkiges Zement verbunden sind. Der **Rogenstein** des Buntsandsteines z. B. ist ein Kalkoolith mit sandigem Bindemittel. Er wird am Nordrand des Harzes zu Straßenbauzwecken abgebaut. Beim **Sprudelstein** (**Erbsestein**) sind Aragonitoolithe durch Aragonit verkitet. Er findet sich in schöner Ausbildung an den Quellen von Karlovy Vary. Aus Ooiden von Braunerstein besteht der **Eisenoolith** (→ Minette). Oolithische Bildungen sind auch die Chamositgesteine Thüringens und der ČSSR, die als silikatische Eisenerze Verwendung finden. In ihnen ist als Gemengteil der Thuringit enthalten. **Kieseloolithe** sind meist verkieselte Kalkoolithe.

Opal, ein Mineral, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; kolloidal-amorph traubig, nierig, verschiedenfarbig, Härte nach Mohs 5,5 bis 6,5, D. 2,0 bis 2,3 g cm⁻³. Varietäten sind z. B. **Edel-**, **Feuer-**, **Glaspal** und **Gemeiner O.**, **Kieselsinter**, **Kieselgur**. O. entsteht bei der thermalen Zersetzung von Silikaten und führt zu Verkieselungen; er bildet sich als Absatz heißer Quellen (Kieselsinter), ferner in Sedimentgesteinen, z. B. Feuerstein in der Kreide, oder wird von Organismen erzeugt (→ Kieselgur). Edel- und Feueropal werden als Schmuckstein verwendet, Kieselgur als Filtrier- und Isolationsmittel, Polierschiefer und Schleifmittel.

Opaleszenz, die → Streuung des Lichts an winzigen Teilchen in einem durchscheinenden Stoff, z. B. verdünnter Milch. Rotes Licht wird stärker durchgelassen, blaues stärker gestreut.

Opazität, der Kehrwert der → Durchlässigkeit.

Operand, eine Größe, die durch eine Rechenoperation zu bearbeiten ist. Meist ist ein O. mit anderen O.en zu verknüpfen, z. B. ein Summand mit anderen Summanden, ein Faktor mit anderen Faktoren.

operative Zeit, → Zeitgliederung in der Produktion.

Operator, in der Mathematik eine durch ein Symbol bezeichnete Rechen- bzw. Zuordnungsvorschrift, die, auf einen mathematischen Ausdruck (z. B. eine Funktion) angewandt, diesen einer gewissen Operation unterzieht und ihn dabei in einen anderen mathematischen Ausdruck überführt. Besonders wichtig sind die **Differential-**

Operatoren. Der O. $\frac{d}{dx}$ z. B. ordnet einer Funktion $f(x)$ die Funktion $\frac{d}{dx}[f(x)] = \frac{df(x)}{dx} = f'(x)$ zu.

$\frac{d}{dx}$ ist ein **linearer O.**, denn es gilt $\frac{d}{dx}[f_1(x) + f_2(x)] = \frac{d}{dx}[f_1(x)] + \frac{d}{dx}[f_2(x)]$ und $\frac{d}{dx}[c \cdot f(x)] = c \cdot \frac{d}{dx}[f(x)]$.

Definiert man das Nacheinanderanwenden zweier O.en als Produkt der beiden O.en, so kann

man mit O.en in gewissem Sinne wie mit Zahlen rechnen. Die Multiplikation ist dann allerdings nicht mehr kommutativ. Die O.en, insbesondere die Differential- und Integral-O.en, spielen in vielen Fragen der Analysis, Physik und Technik eine wichtige Rolle (\rightarrow Laplacesche Differentialgleichung).

Mit den Eigenschaften der O.en, ihren Verknüpfungen und Anwendungen beschäftigt sich die **Operatoren-Rechnung**.

Lit. Berg: Einführung in die Operatorenrechnung (2. Aufl. Berlin 1965); Mikusinski: Operatoren-Rechnung (dtisch Berlin 1957); Wagner-Thoma: Operatorenrechnung (3. Aufl. Leipzig 1982).

Opium, der eingetrocknete Milchsafte des Schlafmohns, der zahlreiche Alkaloide, besonders Morphin, Kodein, Narkotin, Papaverin, Thebain und Narzein, enthält, die an Schwefel-, Milch- und Mekonsäure gebunden sind. Es wirkt in kleinen Dosen zunächst anregend, dann beruhigend, schmerzlindernd, krampflösend und einschläfernd, in größeren betäubend und schließlich durch Lähmung des Atemzentrums tödlich. Medikamente auf Basis von O. werden zur Linderung von Schmerzen und bei anhaltenden Darmkatarren verwendet.

Optik, 1) ursprünglich nur Lehre vom sichtbaren Licht, heute allgemein Lehre vom infraroten bis ultravioletten Teil der elektromagnetischen Strahlung (\rightarrow Licht, \rightarrow Ultraviolett, \rightarrow Infrarot). Die O. kann somit als Teil der Lehre von den elektromagnetischen Wellen angesehen und mit der Maxwellschen Theorie behandelt werden. Die Vorgänge der Erzeugung und Vernichtung des Lichtes gehören in die Quantentheorie.

Die **geometrische O.** behandelt die Fragen der Lichtausbreitung, bei denen der Wellencharakter des Lichtes vernachlässigt werden kann, und arbeitet mit Lichtstrahlen als den Bahnen der Lichtenergiefortpflanzung. Solche (linienhaften) Strahlen existieren in Wirklichkeit nicht, sondern sind als Lichtbündel mit unendlich kleinem Öffnungswinkel aufzufassen. Die Grundannahmen der geometrischen O. bedeuten also eine starke Vereinfachung der Wirklichkeit: 1) Lichtstrahlen breiten sich im einheitlichen Stoff geradlinig aus, 2) sie sind voneinander unabhängig, 3) sie sind umkehrbar, 4) es gilt das Reflexionsgesetz und 5) das Brechungsgesetz (Anwendung bei der Bildkonstruktion, z. B. bei \rightarrow Linsen). Die auf der Maxwellschen Theorie fußende **Wellenoptik** dagegen ermöglicht auch die Behandlung von Erscheinungen wie Interferenz, Beugung und Polarisation des Lichtes sowie von kristalloptischen, elektrooptischen und magnetooptischen Erscheinungen, die mit dem Begriff des Strahles nicht zu erfassen sind. Die **Elektronenoptik** behandelt die Elektronenwellen; denn Elektronen haben neben ihren Teilchen- auch Welleneigenschaften (\rightarrow Dualismus von Welle und Korpuskel). Die **biologische Optik** behandelt die Optik des Sehvorganges von der Abbildung der Umwelt im Auge bis zur Wahrnehmung. Sie gliedert sich in eine physikalische O. des Abbildungsvorganges, in die **physiologische O.**, die Lehre von den Vorgängen im Auge und in den nervösen Leitungsbahnen vom Auge zum Gehirn, und in die **psychologische O.**, die Lehre von den Vorgängen der optischen Wahrnehmung.

Lit. Hodam: Technische O. (2. Aufl. Berlin 1967); Pforte: Feinoptik, T1 2 (3. Aufl. Berlin 1967); Brockhaus ABC der O. (Leipzig 1961); Ztschr. Augenoptik (Berlin), Feingerätetechnik (Berlin), Jenaer Rundschau (Berlin).

2) **Sammelbezeichnung** für optische Einzelteile wie Linsen, Spiegel, Prismen und optische Systeme wie Objektive, Okulare, Kondensoren, auch für optische Geräte.

Optik dünner Schichten, die Lehre von den optischen Eigenschaften dünner Schichten, wie deren Reflexion, Durchlässigkeit und Absorption.

Die bekannteste Erscheinung sind die \rightarrow Farben dünner Blättchen. Zum praktischen Anwendungsgebiet dieses Wissenszweiges gehört die Entspiegelung und die Reflexionserhöhung optischer Flächen, \rightarrow Vergüten.

Optimalfarben, \rightarrow Farbe.

Optimierung, die bestmögliche Gestaltung von formalen Ausdrücken, Zuständen, Prozessen oder technischen Konstruktionen im Hinblick auf vorgegebene Bedingungen. Die O. besteht in der Bestimmung von Extrema unter Nebenbedingungen. Ein Beispiel eines Optimierungsverfahrens ist die mathematische Programmierung (\rightarrow Programmierung 3).

Bei der Gestaltung ökonomischer Prozesse bedeutet O. die Bestimmung der optimalen Ergebnisvariante, die, ausgehend von einer beliebigen Variante, nach einem mathematischen Algorithmus schrittweise hinsichtlich der formulierten Zielstellung unter Einhaltung der Bedingungen ermittelt wird. Bei der **linearen O.** hängen die zu optimierenden Größen von den Lösungsvarianten ab, die Nebenbedingungen sind ebenfalls linear. Das Standardverfahren ist dabei die Simplex-methode. Bei der **dynamischen O.** sind jeweils spezielle Verfahren anzuwenden, z. B. rekursive Funktionsgleichungen.

Lit. Seidler: O. informationsübertragender Systeme, Bd 1 (Berlin 1967); Vogel: Lineares Optimieren (Leipzig 1967).

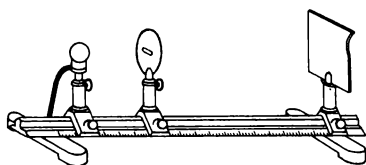
optische Aktivität, Drehungsvermögen, die Fähigkeit verschiedener Verbindungen mit asymmetrischem Molekül- oder Kristallbau (\rightarrow Stereochemie), die Schwingungsebene eines durch sie hindurchtretenden linear polarisierten Lichtstrahls zu drehen. Asymmetrische Kristalle mit symmetrischen Gitterbausteinen (z. B. Rechts- und Linksquarz) verlieren die o. A. beim Lösen, Schmelzen oder Verdampfen. Die Messung der o. n. A. erfolgt im Polarimeter. Der Winkel, den die beiden Polarisationssebenen des ein- und austretenden Strahls miteinander einschließen, wird als **Drehwert** α bezeichnet und positiv gezählt, wenn die Ebene des austretenden Strahls gegenüber der des einfallenden vom Beobachter aus im Uhrzeigersinn gedreht wird (Rechtsdrehung). Im entgegengesetzten Fall erhält α ein negatives Vorzeichen (Linksdrehung). Auch symmetrisch gebaute Stoffe können optisch aktiv werden, wenn sie in ein starkes, dem Strahlengang parallel gerichtetes Magnetfeld gebracht werden (Magnetorotation oder Faraday-Effekt).

optische Antipoden, \rightarrow Stereochemie.

optische Aufheller, optische Bleichmittel, Weißtöner, chemische Verbindungen, mit deren Hilfe vergilbte textile Stoffe, Papier, Lacke, Wachse, Plaste u. a. auf optischem Wege aufgehellt (gebleicht) werden. Die optisch vorge-tauschte Bleichwirkung kommt dadurch zustande, daß die im UV-Bereich absorbierenden Stoffe in der Komplementärfarbe der gelblichen Tönung, d. h. bläulich fluoreszieren. Die speziell zum Aufhellen von Stoffen dienenden o. n. A. müssen farblos sein und wie die Farbstoffe ein gutes Haftvermögen für Pflanzen- und Tierfasern besitzen. Als ältester o. r. A. kann das Waschblau (Ultramarin) angesehen werden. Die heute verwendeten Typen sind vor allem Stilben- und Benzidinabkömmlinge sowie Derivate heterozyklischer Verbindungen.

optische Bank, Photometerbank, eine Einrichtung zum Aufbau optischer Anordnungen für die Ausföhrung optischer Messungen. Auf der o. n. B. lassen sich Linsen, Blenden, Spiegel, Lichtquellen und Photometeranordnungen, Strahlungsempfänger sowie sonstige optische Einrichtungen auf geeignet geformten Reitern meßbar verschieben. Die Reiter tragen Säulen mit Einrichtungen zum Verschieben der opti-

schen Teile nach Höhe und Richtung. Die Abmessungen der o.n. B. und die des Zubehörs sind genormt (→ Photometrie).



optische Bank

optische Filter, Vorrichtungen zum Aussondern eines bestimmten, mehr oder weniger breiten Spektralgebietes aus dem Gesamtspektrum einer Lichtquelle. Die optischen Eigenschaften des Filters werden durch die *Durchlässigkeitskurve* gekennzeichnet, die die Durchlässigkeit in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes angibt. Dabei soll für den ausgesonderten Wellenlängenbereich eine hohe Durchlässigkeit bestehen, aber filterfremdes Licht, d. h. Wellenlängen außerhalb des Durchlaßbereiches, möglichst vollständig unterdrückt werden. Häufig wird außerdem eine geringe *Halbwertsbreite* gefordert, d. i. der Bereich, innerhalb dessen die Durchlässigkeit vom Maximalwert nach beiden Seiten auf den halben Wert absinkt.

Die Wahl des Filters richtet sich nach dem Verwendungszweck und nach dem gewünschten Durchlaßbereich. **Absorptionsfilter** — ausgeführt als Glasfilter, Gelatinefilter oder Flüssigkeitsfilter — haben verhältnismäßig breite Durchlaßbereiche. Die aus homogenen Glasschmelzen, meist unter Zusatz von Metalloxiden, hergestellten Farbglasfilter müssen planparallel geschliffene Oberflächen haben und optisch homogen sein; dies gilt auch für die Glasplatten, zwischen denen sich die Gelatineschicht der Gelatinefilter befindet. Flüssigkeitsfilter bestehen aus Lösungen farbiger Salze, die sich in Küvetten aus Glas oder Quarz mit planparallelen Gefäßwandungen befinden. — Das **Dispersionsfilter** nach Christiansen (**Christiansen-Filter**) besteht aus einer Glas- oder Quarzküvette, die mit Glasperlen und einer Flüssigkeit von ähnlicher Brechzahl gefüllt ist. Da die Dispersion des Glases etwas verschieden von der der Flüssigkeit ist, stimmen die Brechzahlen nur für jeweils eine bestimmte Wellenlänge überein; Licht von dieser Wellenlänge geht also ungehindert durch, während die Strahlung anderer Wellenlängen an den Glasperlen gestreut wird. Beim Dispersionsfilter ist der Durchlaßbereich schmal, seine Lage im Spektrum ist jedoch stark temperaturabhängig. Man kann infolgedessen durch Änderung der Temperatur auch die gewünschte Wellenlänge variieren. — Ein Lichtfilter mit besonders engem Durchlaßbereich ist das **Interferenzfilter** (**Metallinterferenzfilter**), das aus einer dünnen, planparallelen, beiderseits halbdurchlässig verspiegelten farblosen Schicht besteht, die zum Schutz zwischen zwei plangeschliffenen Glasplatten untergebracht ist. Bei denjenigen Wellenlängen, für die zwischen benachbarten Wellenzügen der gleiche Gangunterschied besteht, wird die Amplitude durch Interferenz nach zahlreichen Reflexionen vielfach verstärkt, so daß ein nahezu monochromatisches Strahlenbündel das Interferenzfilter verläßt. Den engsten Spektralbereich liefert das **Polarisationsinterferenzfilter** (**Lyot-Filter**), das aus zwei Polarisatoren besteht, zwischen denen sich eine Platte aus einem doppelbrechenden Kristall befindet.

Die o.n. F. werden in den verschiedensten Gebieten der Forschung, z. B. bei physikalischen und physiologischen Untersuchungen, und in der

Technik, z. B. beim Mehrfarbendruck und in der Photographie (→ Farbfalter), angewendet.

optischer Maser, svw. → Laser.

optisches Anzeichnen, das Anzeichnen von Schiffbauteilen für die mechanische Bearbeitung, bei dem das Negativ einer Zeichnung des anzufer-tigenden Teiles von oben auf das Rohstück (z. B. Platte, Profil) projiziert wird und die Lichtlinien nachgezogen bzw. angekört werden. Das optische A. ergänzt bzw. ersetzt den Schnürboden, wird aber heute bereits wieder durch das → optische Brennschneiden verdrängt.

optisches Brennschneiden, Bezeichnung für das Brennschneiden (→ Schneiden) mittels optisch gesteuerter Brennschneidemaschinen. Beim optischen B. ist kein vorheriges Anzeichnen mehr erforderlich. Eine Photozelle tastet in der Brennschneidemaschine die Linien eines eingelegten, stark verkleinerten Glasnegativs der Werkstückzeichnung ab und steuert entsprechend den Brennerwagen. Numerisch gesteuerte Brennschneidemaschinen arbeiten ohne jede Zeichenvorlage nach einem eingegebenen Programm, das in einem Rechenautomaten ermittelte Koordinaten enthält.

optisches System, Bezeichnung für einen aus mehreren Linsen, Spiegeln oder Prismen zusammengesetzten optischen Geräteteil, wie → Objektiv, → Okular, → Kondensor.

optische Täuschungen, fälschliche Bezeichnung für → geometrisch-optische Wahrnehmungsverzerrungen.

Orbital, → Atom.

Orbitalrakete, → Raketenwaffen.

Ordinalzahl, → Zahl.

Ordinate, eine der → Koordinaten.

Ordnung, in der Mathematik 1) ein Begriff in der Mengenlehre, → Gruppe; 2) Unterscheidungsmerkmal bei → Kurven, → Flächen, Nullstellen, Polen, auch bei → Differentialgleichungen.

Ordnungszahl, 1) Chemie: abg. OZ oder Z, **Atomnummer**, **Kernladungszahl**, eine Zahl, die ursprünglich die Reihenfolge der Elemente im → Periodensystem angab. Später stellte man fest, daß sie der Zahl der Protonen im Atomkern (Kernladung) und der Anzahl der Elektronen in der Hülle des neutralen Atoms entspricht. Da sich die Elemente in der Kernladung unterscheiden, schwanken die O.n. entsprechend der Anzahl der bisher entdeckten Elemente zwischen 0 und 104.

2) Mathematik: → Zahl.

Ordovizium, ein System des Erdalters (→ System, Tab.). Das O. gliedert sich in die Abteilungen Tremadoc, Arenig, Llandeilo, Caradoc und Ashgill. Durch epigene Senkungen wurden große Teile des Festlandes überflutet. Magmatische Tätigkeit herrschte besonders im Bereich der Geosynklinalen. Zwischen O. und Silur begann in Nordamerika die Auffaltung des Gebirgssystems der Appalachen. Das Klima war ausgeglichen mild. In der reich entwickelten marinen Tierwelt waren die fischähnlichen Agnathen als die ersten Wirbeltiere vertreten. An nutzbaren Gesteinen bildeten sich in erster Linie Eisenerze und Schiefer.

organisches Glas, → Polymethakrylate.

Organsein, ein Zwirn aus → Naturseide.

Orkan, → Wind.

Orlon, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Orn, Abk. für → Ornithin.

Ornithin, abg. Orn, α,γ -Diamino-n-valeriansäure, $H_2N-(CH_2)_2-CH(NH_2)-COOH$, eine Aminosäure. O. ist im allgemeinen in Eiweißstoffen nicht enthalten, dagegen in einigen Antibiotika. Im Stoffwechsel entsteht O. durch Abspaltung von Harnstoff aus Arginin.

Orogenese, → Tektonogenese.

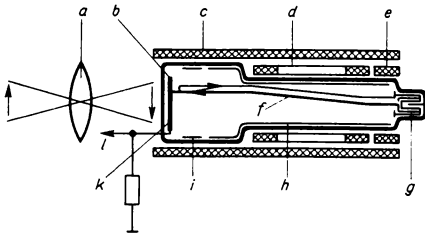
Orsat-Apparat, ein Gerät zur chemischen volumetrischen Gasanalyse. Der O.-A. besteht

aus einer das zu untersuchende Gas aufnehmenden Gasbürette, die von einem Temperiermantel (Wassermantel) umgeben ist, und einer Anzahl von Gaspipetten (**Orsat-Pipetten**); vielfach kommt dazu ein Verbrennungssofen für nichtabsorbierbare Gase. Das zu untersuchende Gas wird nacheinander zur Absorption in die Gaspipetten gedrückt, von denen jede mit einem anderen Reagens gefüllt ist. Es werden z. B. folgende Bestandteile des Gases nachgewiesen: Kohlendioxid durch Kalilauge, gasförmige Alkene durch Bromwasser oder Schwefelsäure und Silbersulfat, Sauerstoff meist durch alkalische Pyrogallollösung, Kohlenmonoxid durch Kupfer(I)-chloridlösung. Der nichtabsorbierte Wasserstoff wird durch Verbrennung bestimmt. Mit dem O.-A. können Einzelbestimmungen oder Vollanalysen ausgeführt werden. In letzter Zeit wird die Gasanalyse mit dem O.-A. mehr und mehr durch neuere Methoden ersetzt.

Ort, 1) *m*, **Ortsgang**, der Dachansatz am Giebel.

2) *n*, Arbeitsstelle in der Grube.

Orthikon, **CPS-Emitron**, eine → Bildaufnahme-röhre. Auf der dem Elektronenstrahlsystem gegenüberliegenden Seite des evakuierten zylindrischen Glaskolbens befindet sich ein dünnes Glimmerblatt, auf dessen Außenseite eine lichtdurchlässige, aber elektrisch leitende Schicht (Signalplatte) aufgedampft ist. Die Innenseite trägt ein Mosaik von kleinen, untereinander isolierten Photokatoden. Sie bilden mit der Signalplatte eine Vielzahl von Speicherkondensatoren. Bei Projektion eines Lichtbildes durch die Signalplatte werden die freien Oberflächen der Photokatoden entsprechend den Bildpunkthelligkeiten



Orthikon. *a* Optik, *b* Photokathode, *c* Fokussierspule, *d* Ablenkspule, *e* Justierspule, *f* Abtastelektronen, *g* Elektronenstrahlsystem, *h* Wandbelag, *i* Bremsselektrode, *k* Signalplatte, *l* Bildsignal

durch Photoemission positiv aufgeladen. Ein feiner Strahl langsamer Elektronen (Geschwindigkeit vorher auf Null abgebremst) tastet die Speicherkondensatoren von der Innenseite zeilenförmig nacheinander ab und gleicht die Ladung aus. Dabei entstehen in der Signalplatte Verschiebungsströme, die am angeschlossenen Arbeitswiderstand als Bildsignal abgenommen werden. Das O. wird nur noch selten eingesetzt und ist vom → Superorthikon weitgehend verdrängt worden.

ortho-, abg. *o-*, Bezeichnung für die 1,2-Stellung von zwei Substituenten am Benzolring, z. B. *o*-Dichlorbenzol statt 1,2-Dichlorbenzol.

orthochromatisch, → Photographie.

Orthodrome *f*, die kürzeste Verbindungslinie zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche. Die O. verläuft daher stets auf einem Großkreis. Sie schneidet im Unterschied zur → Loxodrome die konvergierenden Meridiane unter ständig sich veränderndem Winkel. Auf Karten gnomonischer Abbildung wird jede O. als Gerade abgebildet. Um ein Fahrzeug auf der O. zu halten, muß der Kurs von Zeit zu Zeit leicht geändert werden.

orthogonal, rechtwinklig, senkrecht zueinander. Zum Beispiel sind Orthogonalflächen Flächen, die sich senkrecht durchschneiden. Vektoren

nennt man *o.*, wenn sie paarweise aufeinander senkrecht stehen. Das Skalarprodukt je zweier *o.*er Vektoren ist gleich Null. Analog bezeichnet man ein System von Funktionen $f_1(x), f_2(x), \dots$ im Intervall von *a* bis *b* als *o.*, wenn für je zwei

Funktionen f_i und f_j des Systems $\int_a^b f_i(x) \cdot f_j(x) dx = 0$ gilt. Systeme von *o.*en Funktionen werden in der höheren Mathematik zur → Näherung einer gegebenen Funktion verwendet.

Orthoklas, → Feldspäte.

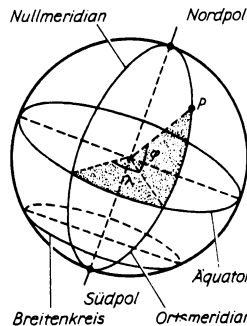
Orthoklasporphyr, → Trachyt.

Orthophyr, → Trachyt.

Ortsbestimmung, **geographische O.**, die Ermittlung der Lage von Punkten auf der Erdoberfläche durch astronomische Bestimmung ihrer geographischen Koordinaten, d. h. der Länge und Breite. Sie erfolgt durch Messung von Gestirnspositionen und wird daher auch als **astronomische O.** bezeichnet. Die im Verhältnis zu den Sternentfernungen unbedeutenden Höhenunterschiede auf der Erdoberfläche werden dabei vernachlässigt.

Die **Breitenbestimmung** ist im Prinzip eine Messung der Polhöhe, da diese gleich der geographischen Breite ist. Die einfachsten und zugleich genauesten Methoden sind: a) Messung der Höhe der oberen und unteren Kulmination eines Zirkumpolarsternes. Das Mittel aus beiden Messungen ergibt direkt und mit großer Genauigkeit die Polhöhe und damit die geographische Breite. b) Berechnung der Polhöhe aus der gemessenen Kulminationshöhe eines Gestirns. Die Polhöhe ergibt sich aus der Summe des Ergänzungswinkels der gemessenen Kulminationshöhe zu 90° und der aus dem Jahrbuch bekannten Deklination (Abstand vom Himmelsäquator) des Gestirns. c) Messung der Differenz der Höhen zweier symmetrisch zum Zenit kulminierender Sterne (Methode Horrebow-Talcott).

Die Bestimmung der geographischen **Länge** kommt auf eine Messung des Abstandes des Ortsmeridians vom Nullmeridian hinaus. Als Nullmeridian wurde willkürlich der durch die Sternwarte Greenwich bei London verlaufende Meridian festgelegt. Da beide Meridiane durch ihre Ortszeit definiert sind, ist die Längenbestimmung im Prinzip ein Zeitvergleich; die Zeit-



Geographische Koordinaten. λ geographische Länge von *P*, φ geographische Breite von *P*

differenz zwischen Ortsmeridian und Nullmeridian läßt sich leicht in Grad umrechnen. Da 24 Stunden 360° entsprechen, sind 1 Stunde = 15° und 4 Minuten = 1°. Der wichtigste und schwierigste Teil der Längenbestimmung ist die Bestimmung der Ortszeit, z. B. aus Durchgangsbeobachtungen von Gestirnen durch den Meridian. Die geographische Länge ergibt sich dabei direkt aus einem Vergleich der Ortszeit mit der durch Funksignale an jedem beliebigen Ort zugänglichen Weltzeit (der Ortszeit des Nullmeridians). In neuerer Zeit gewinnen Methoden an

Bedeutung, die die gleichzeitige Bestimmung von Breite und Länge durch Messung von Gestirnhöhen in verschiedenen Vertikalkreisen ermöglichen, z. B. mit Hilfe des Astrolabiums.

Durch geographische O. erhält man Absolutwerte der Lage von Punkten auf der Erdoberfläche. Durch geodätische Methoden werden weitere Punkte zwischen die astronomisch in weitem Abstand voneinander festgelegten eingeschaltet (→ Triangulation).

Lit. Sandig: *Astronomie für Geodäten*, 2 Lehrbriefe (Berlin 1959); Stumpff: *Geographische O.en* (Berlin 1958).

Ortszeit, die auf den Himmelsmeridian des Beobachtungsortes bezogene → Zeit. Sie ist für alle Orte auf demselben Halbmeridian der Erde gleich.

Ortung, die Bestimmung der Lage von Objekten (Ortungsobjekte) im Raum. Aussagen über die Lage von Ortungsobjekten sind nur möglich, wenn sie sich in Koordinatensystemen einordnen und darin durch Angabe ihrer Koordinatenwerte eindeutig beschreiben lassen. Den 3 Dimensionen des Raumes entsprechend ist für eine vollständige Ortung die Angabe von 3 Koordinatenwerten erforderlich. In der Praxis ist in vielen Fällen die Angabe von 2 Koordinatenwerten ausreichend, z. B. in der Seefahrt und z. T. auch in der Luftfahrt, wobei die Höhe als 3. Koordinate gesondert angegeben wird.

Eine O. läßt sich durchführen, wenn der Punkt, an dem sich das Ortungsobjekt befindet, mit dem Koordinatenursprung durch eine beobachtbare und meßbare Wirkung oder Erscheinung in Beziehung steht. Die für O.en geeigneten Verfahren lassen sich in drei Gruppen einteilen, bei denen die zur O. ausgewerteten Wirkungen bzw. Erscheinungen charakteristische Abhängigkeiten zeigen (s. u.). Der Punkt, an dem eine physikalische Wirkung oder Erscheinung zu Ortungszwecken gemessen wird, heißt allgemein Beobachtungspunkt oder Aufpunkt. Gilt die bei einer O. verlangte Lagebestimmung für den Aufpunkt selbst, so spricht man von **Eigenortung**, sonst von **Fremdortung**.

1) **Abhängigkeit von Ortskoordinaten**. Zu den Vorgängen, die nur von den Ortskoordinaten abhängen, zählen alle physikalischen Kraftwirkungen und Felder, und zwar sowohl statische als auch dynamische. Man unterscheidet a) irdisches Magnetfeld: die örtliche Abweichung vom bekannten Feldverlauf ermöglicht z. B. geologische Ortungen. b) irdisches Gravitationsfeld: es ermöglicht die Bestimmung des Lotes bzw. dessen Veränderung. c) magnetische oder elektrische Felder: Ermittlung des Ortes der Quelle eines mit technischen Mitteln erzeugten Feldes. Anwendung bei Annäherungsindikatoren, z. B. für Zünder und Kollisionswarnvorrichtungen. d) elastische Wellen: seismische Wellen ermöglichen Bestimmung von Erdbebenherden; Schall- und Ultraschallortung in der Seefahrt. e) Richtkräfte auf Kreiselschse: Anwendung im Kreiselkompaß bei Bestimmung der Nordrichtung. f) Intensität elektromagnetischer Felder: umfangreiche Anwendung mit hochfrequenten elektromagnetischen Wellen mit Wellenlängen von 30 km bis herab zu 3 mm (entspricht einem Frequenzbereich von 10^4 bis 10^{11} Hz). Es gibt drei verschiedene Verfahrensarten: Bestimmung der durch das Ortungsobjekt verursachten Veränderung des Feldes (Anwendung bei Metallsuchgeräten, Annäherungsindikatoren, Bohrechosonden und medizinischen Geräten), Bestimmung des Ortes der Quelle eines Feldes (Anwendung beim → Peilen und zur Richtungsbestimmung bei → Radar) und Nachweis eines Feldes, das sich in einem schmalen Winkelbereich und von einem bekannten Ort aus strahlenförmig ausbreitet (Anwendung beim Leitstrahlverfahren der → Funkortung).

2) **Abhängigkeit von der Zeitkonstante**. O.en mit Vorgängen, die nur von der Zeitkoordinate abhängen, sind dann möglich, wenn zu jedem Zeitpunkt die Geschwindigkeit eines sich bewegendes Ortungsobjektes bekannt ist. Bewegt sich z. B. ein Verkehrsmittel mit bekannter Geschwindigkeit auf einem bestimmten Kurs oder ein Flugkörper auf einer bestimmten Bahn, so ist die jeweilige momentane Lage aus der in einem gewissen Zeitintervall zurückgelegten Entfernung vom Ausgangspunkt zu ermitteln. Zur Auswertung können in Karten die Kurven über die in gleichen Zeitintervallen zurückgelegten Entfernungen (Isochronen) eingetragen werden.

3) **Raumzeitliche Abhängigkeit**. Zu dieser Gruppe gehören alle Ortungsverfahren, die auf der endlichen Laufzeit von elektromagnetischen oder elastischen Wellen bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit beruhen. Es sind im wesentlichen 4 Verfahren anwendbar. a) Von einem Punkt wird eine Welle (Signal) ausgesandt und die vom Ortungsobjekt reflektierte Welle (Signal) am gleichen Punkt wieder empfangen. Die Laufzeit ist proportional der Entfernung. Anwendung zur Entfernungsmessung bei Radar. b) Von zwei verschiedenen Punkten aus werden unabhängig voneinander Wellen (Signale) ausgesandt und die vom Ortungsobjekt reflektierten Wellen (Signale) an den Punkten wieder empfangen. Die Laufzeiten sind proportional den beiden Entfernungen. Anwendung zur Positionsbestimmung mit zwei Entfernungsmeßgeräten. c) Von einem Punkt aus werden gleichzeitig über getrennte Wege Wellen (Signale) ausgesandt und im Ortungsobjekt empfangen. Die getrennten Wege sind dadurch gegeben, daß die Erzeugung der Welle an einem Punkt, die Abstrahlung dagegen von zwei getrennten Punkten aus erfolgt, wobei auch mit synchronisierten Wellen (Signalen) gearbeitet werden kann. Aus der Laufzeitdifferenz ergibt sich die Standlinie, aus zwei Laufzeitdifferenzen der Standort des Objektes. Anwendung in Hyperbelverfahren der Funkortung. Das Verfahren ist auch umkehrbar, indem das Ortungsobjekt eine Welle (Signal) ausstrahlt und an zwei verschiedenen Orten empfangen wird. d) Von einem Punkt aus werden gleichzeitig zwei Wellen ausgesandt, die im Gegensatz zu den genannten Verfahren unterschiedliche, jedoch bekannte Ausbreitungsgeschwindigkeiten besitzen. Die Wellen werden im Ortungsobjekt empfangen. Aus der Laufzeitdifferenz ergibt sich die Entfernung. Anwendung in der Seefahrt, wobei gleichzeitig ein Funksignal und ein akustisches Signal ausgesandt werden.

ORWOCHROM-Film, → Farbenphotographie. **ORWOCOLOR-Verfahren**, → Farbenphotographie.

Os, Symbol für → Osmium.

Osazone, → Phenylhydrazin.

Osmium, Symbol Os, chemisches Element aus der VIII. Nebengruppe des Periodensystems, ein Platinmetall, Schwermetall, Edelmetall, Mischelement; Ordnungszahl 76, Massenzahlen der bis jetzt bekannten Isotope 184, 186 bis 190, 192, Atomgewicht 190,2 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist VI oder VII, seltener II, III, IV, D. $22,5 \text{ g cm}^{-3}$ (das schwerste aller Metalle), F. $>2550^\circ\text{C}$, Kp. 5500°C ; 1804 isolierte erstmals Tennant das Metall. O. ist blaugrau, sehr hart, spröde und pulverisierbar. Von sauerstofffreien Säuren wird es nicht angegriffen. O. kommt in allen Platinen vor, die angereichert und mit Königswasser aufgeschlossen werden, wobei eine Legierung von O. und Iridium (**Osmiridium**) ungelöst zurückbleibt, aus der man nach Weiterverarbeitung metallisches O. gewinnt. O. wird in Form von Legierungen mit anderen Platinmetallen z. B. zur Herstellung für Federspitzen

(mit Ir legiert) und für elektrische Kontakte (mit Pt legiert) verwendet. **Osmiumtetroxid** OsO_4 (farblos bis gelbliche, giftige Kristalle) dient in der Mikroskopie als Färbemittel, zum Brünieren von Kupfer und als Oxydationsmittel.

Osmondit m , metallographische Bezeichnung für ein bestimmtes Zwischenstufengefüge von Stahl, das sich beim Anlassen bei etwa 400°C aus dem Martensit bildet und aus \rightarrow Ferrit mit feinst dispers ausgeschiedenen Karbiden besteht. O. wurde benannt nach dem französischen Metallforscher Osmond.

osmophile Gruppen, die in Riechstoffen den Geruch bedingenden Atomgruppierungen, z. B. $-\text{OH}$, $-\text{CHO}$, $-\text{NO}_2$.

Osmose, die einseitige Diffusion einer Flüssigkeit durch eine halbdurchlässige (semipermeable) Membran, an die zwei verschiedene Flüssigkeiten oder eine Lösung und das entsprechende Lösungsmittel oder zwei gleichartige Lösungen verschiedener Konzentration angrenzen. Nach einer älteren Definition bezeichnet man als O. im weiteren Sinne jeglichen Konzentrationsausgleich durch eine durchlässige Scheidewand. Es wird hierbei also nicht die obige Einschränkung gemacht, daß die Vermischung nur durch den Transport einer Komponente erfolgen soll. **Semipermeable Scheidewände**, z. B. Schweinsblase, gestatten bei Lösungen dem Lösungsmittel den Durchtritt, nicht aber dem gelösten Stoff. Auf Seiten des gelösten Stoffes entsteht dadurch ein hydrostatischer Überdruck, der schließlich ein Maximum, den **osmotischen Druck**, erreicht. Der osmotische Druck ist proportional der Konzentration der Lösung. Trennt die semipermeable Wand zwei Lösungen verschiedener Konzentration, so wandert die Flüssigkeit von der niedrigerkonzentrierten nach der höherkonzentrierten Lösung, die also den größeren osmotischen Druck hat. Lösungen mit gleichem osmotischem Druck bezeichnet man als **isotonisch**. Außer von der Konzentration ist der osmotische Druck von der Temperatur abhängig; es gilt das **van't Hoffsche**

Gesetz: $\pi = \frac{n}{V} RT$, wobei π = osmotischer Druck, n/V = Konzentration c in Mol/Liter, R = Gaskonstante, T = absolute Temperatur.

Beim Messen des osmotischen Druckes von Elektrolytlösungen ergeben sich für π niedrigere Werte, als man aus der van't Hoffschen Gleichung unter Annahme vollständiger Dissoziation in Ionen errechnet. Als Korrekturfaktor führte man deshalb den **osmotischen Koeffizienten** ein, der das Verhältnis des realen (gemessenen) osmotischen Druckes zum idealen osmotischen Druck ergibt.

Die O. ist wichtig für das pflanzliche und tierische Leben, denn die meisten Funktionen der Zelle beruhen auf osmotischen Vorgängen. Viele Lebewesen haben die Fähigkeit der Osmoregulation, d. h., der osmotische Druck ihrer Zell- und Körperflüssigkeit wird vom Körper reguliert.

Ostkomponente, \rightarrow Erdmagnetismus.

Ostpunkt, der Schnittpunkt zwischen Horizont und Himmelsäquator, der östlich vom Beobachter gelegen ist. Im O. geht zur Tagundnachtgleiche die Sonne auf.

Östradiol, \rightarrow Sexualhormone.

Östriol, \rightarrow Sexualhormone.

Östron, \rightarrow Sexualhormone.

Ostwald-Maßzahlen, \rightarrow Farbmietrik.

Ostwald-Verfahren, \rightarrow Salpetersäure.

Oszillation, s. v. \rightarrow Schwingung.

Oszillator, 1) Elektrotechnik: Anordnung zur Erzeugung elektrischer Schwingungen. Am häufigsten wird die Schwingungserzeugung durch \rightarrow Rückkopplung realisiert. Zur Herstellung der notwendigen Verstärkung werden Röhren (**Oszil-**

latorröhren) oder Halbleiter eingesetzt. Als frequenzbestimmendes Glied werden im allgemeinen Schwingkreise verwendet.

2) Theoretische Physik: ein harmonisch oder unharmonisch um seine Ruhelage schwingendes Teilchen, z. B. Massepunkt oder Ladung, das durch elastische Kräfte in diese Ruhelage zurückgezogen wird. Der O. dient wegen seiner leichten mathematischen Behandlung als Modell für physikalische Schwingungsvorgänge.

Oszillograph [lateinisch-griechisch, „Schwingungsschreiber“], ein Gerät zum Beobachten und Aufzeichnen (meist photographisch) des zeitlichen Verlaufs von elektrischen Schwingungen, z. B. der Spannungs- oder Stromkurve von Wechselströmen, der Herzmuskelströme sowie von nichtelektrischen Schwingungen, die mittels einer zweckentsprechenden Vorrichtung in elektrische umgewandelt werden, z. B. von Erschütterungen an Bauwerken und Fahrbahnen, von Indikator-Diagrammen schnelllaufender Verbrennungsmotoren.

Der **Schleifenoszillograph** weist eine oder mehrere Meßschleifen aus dünnem Draht auf, die jeweils zwischen den Polen eines Dauermagneten gespannt sind und auf denen ein winziger Spiegel befestigt ist (Prinzip des Spiegelgalvanometers). Auf diesen Spiegel wird der Strahl einer Lichtquelle geworfen und reflektiert. Fließt Strom durch die Schleife, so wird diese im Magnetfeld gedreht, und der Lichtzeiger macht der Stromstärke entsprechende Ausschläge. Diese können mittels eines gleichmäßig rotierenden Polygonspiegels zeitlich auseinandergezogen, auf einer Mattscheibe beobachtet oder direkt auf ablaufendem photographischem Papier registriert werden. Die Eigenfrequenz der Meßschleifen beträgt höchstens 10 kHz; zur Dämpfung befindet sich das System in Öl.

Der nahezu leistungs- und trägheitslos arbeitende **Elektronenstrahloszillograph** (**Katodenstrahloszillograph**) dient zum Sichtbarmachen schnell verlaufender elektrischer Vorgänge. Er besteht im wesentlichen aus einer \rightarrow Elektronenstrahlröhre, die zusammen mit einem Kippgenerator und einem Verstärker in einem Gerät vereinigt ist. Der in der Elektronenstrahlröhre erzeugte Elektronenstrahl (**Einstrahloszillograph**) wird mit einer Linsenelektrode auf einen Leuchtschirm als Punkt abgebildet und durch zwei senkrecht zueinander stehende Paare von Ablenkplatten abgelenkt. An das erste Plattenpaar wird eine mittels einer Kipperschaltung erzeugte, periodisch veränderliche Spannung gelegt (Zeitablenkung). Diese läßt den Elektronenstrahl mit konstanter Geschwindigkeit waagrecht von einer Seite des Leuchtschirmes zur anderen laufen, wieder zurückspringen usw. An das andere Plattenpaar wird die zu untersuchende Spannung gelegt. Ihre zeitlichen Änderungen werden durch die zeitproportionale Ablenkung in x-Richtung auseinandergezogen und erscheinen als ortsabhängige positive und negative Abweichungen in y-Richtung um einen Mittelwert (z. B. Schirmmitte).

Die Zeitablenkung läßt sich durch zusätzliche Maßnahmen (Gleichlaufzwang) mit der zu untersuchenden Frequenz synchronisieren, so daß sich stehende Bilder ergeben. Sollen zwei Vorgänge gleicher Frequenz gleichzeitig beobachtet werden, so gibt man die beiden Spannungen mit Hilfe eines Elektronenstrahlschalters abwechselnd an den Verstärker; da der Elektronenstrahlschalter bis zu 10^5 Umschaltungen in einer Sekunde vornehmen kann, erscheinen die Kurven dem Auge trotzdem voll ausgezogen. Der **Zweistrahloszillograph** benutzt eine Röhre mit zwei getrennten Ablenkungssystemen, so daß die beiden Strahlen gleichzeitig auf dem Schirm erscheinen können und unabhängig voneinander arbeiten. Für beson-

Oszillographen- röhre

dere Zwecke sind Elektronenstrahlröhren mit noch mehr Ablenkssystemen konstruiert worden. Mit Elektronenstrahlröhren besonders hoher Ablenkgeschwindigkeit können auch die Schwingungen von Ultrakurz- und Dezimeterwellen dargestellt werden.

Durch Anwendung von *Blauschriftströhren* (→ Elektronenstrahlröhre) werden einmalige Vorgänge zur Betrachtung über längere Zeit gespeichert.

Das **Oszillogramm** ist das von einem O.en aufgenommene Schwingungsbild.

Lit. Czech: Der Elektronenstrahloszillograph (Berlin-Borsigwalde 1955); Fricke: Der Katodenstrahloszillograph (2. Aufl. Leipzig 1956); Czech: O.en-Meßtechnik (Berlin 1963); Millner: Katodenstrahl-Oszillographen (Berlin 1966).

Oszillographenröhre, eine → Elektronenstrahlröhre.

Otoskop, ein → Endoskop.

Ottomotor, ein → Verbrennungsmotor.

Ovalwerk, sw. → Ellipsendrehwerk.

Ovize, chemische Mittel, die abtötend auf Insekteneier wirken. Wirksam sind hier vor allem einige Akarizide und das Herbizid DNOC.

Oxalsäure, **Kleesäure**, $\text{HOOC}-\text{COOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, die einfachste aliphatische Dikarbonsäure. O. kristallisiert in farblosen Säulen (F. 101,5 °C). Als zweibasige Säure bildet sie saure und neutrale Salze, die ebenso wie ihre Ester als **Oxalate** bezeichnet werden. In Form ihrer Alkali- und Erdalkalisalze kommt O. in verschiedenen Pflanzen, vor allem im Sauerklee und Sauerampfer, vor. Die technische Gewinnung erfolgt heute vor allem durch thermische Dehydrierung von Natriumformiat. Man verwendet O. als Textilhilfsmittel bei der Färberei und im Zeugdruck, zum Bleichen von Stroh, Stearin u. a., zum Entfernen von Rost- und Tintenflecken (hierzu besonders Kaliumtetraoxalat (*Kleesalz*) $\text{KHC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Kalziumoxalat dient zur quantitativen Bestimmung von O. und Kalzium. Einige komplexe Oxalate werden zur Herstellung von Lichtpauspapieren eingesetzt. Der Diäthylester der O. ist ein wertvolles Lösungsmittel für Zellulosenitrat und Lacke.

Oxide, gasförmige, flüssige oder feste Verbindungen des Sauerstoffs mit Metallen, Nichtmetallen oder organischen Radikalen, in denen Sauerstoff den negativen Bestandteil bildet, z. B. Aluminiumoxid Al_2O_3 und Schwefeldioxid SO_2 . Die Sauerstoffverbindungen des Fluors sind keine Fluoroxide, sondern Sauerstofffluoride, da in ihnen Fluor der negative Bestandteil ist.

Die O. können entweder nach der Anzahl der in ihnen gebundenen Sauerstoffatome als **Monoxide**, **Dioxide**, **Trioxide**, **Pentoxide** usw. bezeichnet werden, z. B. Kohlenmonoxid CO, Chlordioxid ClO_2 und Schwefeltrioxid SO_3 , oder man gibt die Wertigkeit des oxidbildenden Elements in eingeklammerten römischen Ziffern nach dem Namen des Elements an, z. B. Blei(II)-oxid PbO , Mangan(IV)-oxid MnO_2 , Chrom(VI)-oxid CrO_3 . Die erstgenannte Bezeichnungsweise wird vor allem bei Nichtmetalloxiden, die letztgenannte bei Metalloxiden angewandt. **Doppeloxide** setzen sich aus den O.n zweier Elemente zusammen, z. B. Eisen(II)-chrom(III)-oxid $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$; **gemischte O.** enthalten das oxidbildende Element in zwei verschiedenen Oxydationsstufen, z. B. Blei(II,IV)-oxid (Mennige) Pb_3O_4 ; **Suboxide** enthalten das oxidbildende Element in einer ungewöhnlich niedrigen Wertigkeitsstufe, z. B. Kohlensuboxid C_2O_2 ; bei den **Peroxiden** (früher **Superoxide**, allgemeine Formeln $\text{Me}^{\text{I}}\text{O}_2$, $\text{Me}^{\text{I}}\text{HO}_2$ und R_2O_2 , wobei Me = Metall und R = organisches Radikal) und den **Hyperoxiden** (allgemeine Formeln $\text{Me}^{\text{I}}\text{O}_3$ und $\text{Me}^{\text{II}}\text{O}_4$) sind je zwei Sauerstoffatome direkt miteinander verbunden.

Auf Grund ihres chemischen Verhaltens lassen sich die O. in saure, basische, amphotere und indifferente O. einteilen. Zu den **sauren O.n** gehören die meisten Nichtmetalloxide, z. B. Kohlendioxid CO_2 , sowie die O. von Metallen in hohen Wertigkeitsstufen, z. B. Chrom(VI)-oxid CrO_3 . Zu den **basischen O.n** gehören die meisten O. von Metallen in niedrigen und mittleren Wertigkeitsstufen, z. B. Natriumoxid Na_2O und Chrom(III)-oxid Cr_2O_3 . Die **amphoteren O.** stehen zwischen den sauren und den basischen O.n, da sie mit Säuren und Basen Salze bilden. Sie werden von vielen Metallen in mittleren Oxydationsstufen gebildet, z. B. Aluminiumoxid Al_2O_3 , Blei(IV)-oxid PbO_2 und Titan(IV)-oxid TiO_2 .

Die meisten O. sind thermisch stabil und lassen sich z. T. sehr hoch erhitzen. Viele O. kommen als Minerale vor und sind z. T. wichtige Erze oder in wohlausgebildeten Kristallen Edelsteine.

Die Herstellung der O. ist unterschiedlich. In vielen Fällen werden die O. durch Verbrennen der Elemente in Sauerstoff oder durch Erhitzen zersetzlicher Sauerstoffverbindungen, z. B. von Hydroxiden, Karbonaten, Nitraten und Oxalaten, gewonnen.

Oxidkatode, eine → Glühkatode.

Oxidkeramik, Werkstoffe, die in der Art der Keramik geformt und gesintert werden, aber im Gegensatz zur eigentlichen Keramik ganz oder nahezu frei von Siliziumdioxid sind. O. besteht aus schwer schmelzbaren Metalloxiden, besonders aus Aluminiumoxid Al_2O_3 , Magnesiumoxid MgO , Berylliumoxid BeO oder Zirkonium(IV)-oxid ZrO_2 , und auch aus Doppeloxiden, z. B. Aluminium-Magnesium-Oxid $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$ oder Bariumtitanat $\text{BaO} \cdot \text{TiO}_2$. Geringe Beigaben von Flußmitteln zu den Oxidpulvern erleichtern die Sinterung. Die Pulver werden in der Regel mit Wasser angemacht, dem man Säuren, organische Kolloide o. ä. zugesetzt hat; die Formgebung erfolgt danach durch Gießen, Stampfen oder Trockenpressen. Die oxidkeramischen Erzeugnisse werden als hochfeuerfeste Baustoffe, z. B. Sinterkorund, Sintermagnesia, Sinterberyllerde und Sinterzirkonerde, als elektrische Isolierstoffe, z. B. Sinterkorund für Zündkerzen, und als Werkzeug- oder Schneidstoff (→ Schneidkeramik) zur Zerspaltung, z. B. ebenfalls Sinterkorund, verwendet. In neuerer Zeit hat das gesinterte Bariumtitanat als piezoelektrischer Erzeugerkörper für Ultraschallwellen besondere Bedeutung erlangt. Ferner haben sich Mischoxide (→ Ferrit 2) als hochwertige magnetische Werkstoffe bewährt.

Lit. Agte, Heymel, Kohlermann: Schneidkeramik (Berlin 1959).

Oxime, Isonitrosoverbindungen, formal die Kondensationsprodukte von Hydroxylamin mit Aldehyden (**Aldoxime**, z. B. Azetaldoxim $\text{CH}_3\text{CH}=\text{NOH}$) oder Ketonen (**Ketoxime**, z. B. Azetoxim $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{NOH}$). Die O. sind gutkristallisierte Substanzen mit scharfem Schmelzpunkt und dienen deshalb zum Nachweis von Aldehyden und Ketonen.

Oxogruppe, sw. → Karbonylgruppe.

Oxoniumion, → Hydroniumion.

Oxoniumsalze, chemische Verbindungen, die

sich formal vom Hydroniumion $[\text{H}_3\text{O}]^+$ ableiten, in dem der Wasserstoff durch Alkylreste ersetzt ist. O. sind z. B. salzartige Verbindungen von

Äthern R_1OR_2 mit Säuren, z. B. $[\text{R}_1\text{R}_2-\text{OH}]^+\text{Cl}^-$. Viele der in der Natur vorkommenden Blütenfarbstoffe, die Anthozyane, haben die Struktur von O.n.

Oxosynthese, **Hydroformylierung**, **Roelen-Reaktion**, ein Verfahren zur Bildung aliphatischer Aldehyde oder Alkohole durch gleichzeitige Einwirkung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff

auf Alkene bei etwa 100 at und 150 °C in Gegenwart von Kobalt oder Kobaltsalzen als Katalysator.

oxy..., eine zur Kennzeichnung sauerstoffhaltiger Gruppen dienende Silbe, z. B. Phenoxycarbonsäure $C_6H_5-O-CH_2-COOH$. Früher bezeichnete man die Hydroxyverbindungen als Oxyverbindungen, z. B. hieß die o-Hydroxybenzoesäure (Salizylsäure) o-Oxybenzoesäure.

Oxydase, → Redoxreaktionen.

Oxydase, zu den Oxydoreduktasen gehörende Fermente. Sie übertragen Elektronen auf Sauerstoff, wobei dieser entweder vollständig, d. h. bis zu Wasser, oder nur bis zum Wasserstoffperoxid reduziert wird. Der wichtigste Vertreter der ersten Gruppe ist die kupferhaltige **Zytochromoxydase** (**Warburgsches Atmungsferment**), die als letztes Ferment der Atmungskette mit dem Sauerstoff reagiert. Die Wasserstoffperoxid bildenden Oxydase sind stets Flavinfermente.

Oxydation, der mit einer Reduktion gekoppelte Teilprozeß einer Redoxreaktion, → Redoxreaktionen.

Oxydationsmittel, → Redoxreaktionen.

Oxydationszahl, **Oxydationsstufe**, **elektrochemische Wertigkeit**, die positive oder negative Ladung, die den Atomen eines Moleküls oder eines komplexen Ions zugeschrieben werden müßte, wenn dieses aus Atomionen aufgebaut wäre. Alle Metalle sowie Bor und Silizium haben in ihren Verbindungen positive O.en. Die Alkalimetalle und Wasserstoff (außer in den salzartigen Hydriden) haben stets die O. +1. Den Nichtmetallen werden die Ladungen in der Reihenfolge ihrer Elektronenaffinität zugeordnet. Fluor, Chlor, Brom und Jod haben in ihren Verbindungen stets die O. -1 und Sauerstoff (ausgenommen in den Peroxiden, Hyperoxiden und Sauerstofffluoriden) die O. -2. Die Summe der O.en muß bei einem Molekül Null und bei einem Komplexion gleich der Wertigkeit eines Ions sein.

Die O.en werden mit einem Vorzeichen versehen und über das betreffende Element gesetzt. Beispiele für die O.en von Stickstoff und Schwefel in einigen Verbindungen: NH_3 , N_2 , NO , NO_2 , KNO_3 ; H_2S , H_2SO_4 , SO_2 , SO_3 (im Peroxodisulfat hat der Schwefel auch nur die O. +6 wie im Sulfat, da die beiden Sauerstoffatome der Peroxogruppe die O. -1 und nicht -2 wie die sechs anderen Sauerstoffatome haben).

Oxydationszone, in der Lagerstättenkunde die von der Erdoberfläche bis zum Grundwasserspiegel reichende Verwitterungszone der Erzgänge mit Sauerstoffüberschuß. Sie enthält Oxide, Hydroxide, Karbonate, Sulfate und andere Schwermetallverbindungen, die durch Umbildung sulfidischer Minerale unter der chemischen Wirkung von Sauerstoff, Kohlendioxid und Wasser entstanden sind. Lösung und Wiederausfällung finden statt, vorherrschend ist die Lösung. Es entstehen zerkleinerte, poröse Massen, die oft durch Eisenverbindungen (Rot- und Brauneisenstein) rot gefärbt sind. Daher bezeichnet man die O. bergmännisch auch als **Eiserner Hut**. Kupfererze gehen in Malachit über, silberhaltige Erze in gediegenes Silber, goldhaltige in gediegenes Gold, Zinkerze in Galmei; Antimon, Wismut, Molybdän und Wolfram geben lebhaft gefärbten Ocker, aus Eisenmineralen entsteht Brauneisen, aus Kobalterzen Kobaltblüte, aus Nickelerzen Nickelblüte. Aus der O. absteigende Lösungen führen zu Neubildungen in der → Zementationszone.

Lit. Smirnow: Die O. sulfidischer Lagerstätten (dtsch Berlin 1954).

Oxydimetrie, **Redoxanalyse**, Teilgebiet der Volumetrie, dem Oxydations-Reduktions-Reaktionen zugrunde liegen. Als Maßlösungen eignen

sich besonders Kaliumpermanganat zur Bestimmung von Eisen-, Kalzium-, Oxalat- und Nitriten (**Manganometrie**); Jod-Kaliumjodid (**Jodometrie**) vor allem für Sulfid-, Thiosulfat-, Kupfer- und Zinnionen; Kaliumbromat (**Bromometrie**) z. B. für Antimon-, Arsen- und Wismut-ionen; seltener Titan(III)-salze (**Titanometrie**), Zerk(IV)-sulfat (**Zerimetrie**) und Kaliumjodat (**Jodatometrie**).

Oxydoreduktasen, eine Gruppe der → Fermente.

Oxydoreduktion, → Disproportionierung.

Oxygenium, svw. → Sauerstoff.

Oxyliquitsprengstoffe, **Oxyliquite**, **Flüssigluftsprengstoffe**, Sprengstoffgemische, die unter Verwendung von flüssiger Luft oder flüssigem Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoffträgern hergestellt werden. Patronen aus saugfähigem Papier, die mit saugfähigem kohlenstoffreichem Material (z. B. Äthinruß, Korkmehl) gefüllt sind, werden in der Nähe des Verbrauchsortes durch Eintauchen in sauerstoffreiche flüssige Luft sprengkräftig gemacht. Die Zündung erfolgt mittels Sprengkapseln (mit Bleiazidsatz) oder elektrisch. Die O. werden nur in sehr begrenztem Umfang verwendet (z. B. bei Ruinsprengungen, in Frankreich und Südamerika auch im Erztagbau).

Lit. → Explosivstoffe.

Oxymetrie, ein spektralphotometrisches Verfahren zur Bestimmung des Anteiles an Oxyhämoglobin am Gesamthämoglobingehalt des Blutes bzw. der Sättigung des Hämoglobins mit Sauerstoff. Die O. nutzt die unterschiedlichen Absorptions- bzw. Reflexionseigenschaften von oxydiertem und reduziertem Hämoglobin für Licht bestimmter Wellenlängen aus. Die zur O. verwendeten Geräte, die als **Oxymeter** (anzeigende Geräte) bzw. **Oxygraphen** (registrierende Geräte) bezeichnet werden, bestehen aus photoelektrischen Meßwandlern und Anzeige- bzw. Registriergeräten, neuere Geräte besitzen in der Mehrzahl elektronische Verstärker.

Das Verfahren der O. bietet verschiedene Varianten und erfordert entsprechend unterschiedliche Gerätetypen. So verwendet die **Transmissionsoxymetrie**, der das Lambert-Beersche Gesetz der Lichtabsorption zugrunde liegt, Meßwandler, die die Messung der optischen Dichte oder Extinktion des Blutes im durchfallenden Licht bei (mindestens) zwei verschiedenen Wellenlängen gestatten. Ein bekannter, nach dem Transmissionsprinzip arbeitender Oxymetertyp ist das Millikan-Oxymeter (Millikan-Smaller). Die **Reflexionsoxymetrie** verwendet Meßwandler, die die Messung des Verhältnisses der Intensität des auf eine Blutschicht auffallenden und des von ihr reflektierten Lichtes bei einer oder mehreren Wellenlängen ermöglichen.

Alle Oxymetertypen können untereinander und auch mit anderen Geräten kombiniert werden. Ein Beispiel für letzteren Fall ist die **Ergo-Oxymetrie** (**Belastungsoxymetrie**), ein funktionsdiagnostisches Verfahren, bei dem die O. in Verbindung mit ergometrischen Untersuchungen angewandt wird (→ Ergometrie).

Oxytetrazyklin, → Tetrazykline.

Oxytozin, ein → Hormon.

OZ, 1) Abk. für → Ordnungszahl 2). 2) Abk. für → Oktanzahl.

Ozeanographie, **Ozeanologie**, **Meereskunde**, die Wissenschaft, die sich mit dem Meer beschäftigt, ein Teilgebiet der Geophysik. Die **allgemeine O.** befaßt sich mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Meerwassers, den Vorgängen der Energieumwandlung im Meer und den sich daraus ergebenden Bewegungsvorgängen in Form von → Gezeiten, → Meeresströmungen und → Meereswellen, sie untersucht ferner die Umweltbedingungen, die die Verteilung des

tierischen und pflanzlichen Lebens im Meer bestimmen.

Die **spezielle O.** befaßt sich mit den einzelnen Meeresräumen, ihrer Gestalt und Tiefe, ihren physikalisch-chemischen Eigenarten und Bewegungsvorgängen. In jüngster Zeit entwickelt sich die **technische** oder **ökonomische O.**, die sich mit der Nutzbarmachung und Anwendung meereskundlicher Erscheinungen und Kenntnisse für wirtschaftliche Zwecke befaßt.

Die Grundlagen der O. bilden Messungen, die im Meer durchgeführt werden müssen. Labor- und Modellversuche sind in der O. nur in sehr beschränktem Umfange möglich. Es ist eine spezielle meereskundliche Meßtechnik erforderlich, die den Einsatz von Forschungsschiffen und meereskundlichen Geräten umfaßt, z. B. von → Bathysonden, → Bodengreifern, → Kippthermometern, → Stechrohren, Strömungsmessern (→ Strommessung) und → Wasserschöpfern. Physik und Chemie sind unentbehrliche Hilfsmittel für die O., während die Technik wichtige Grundlagen für die meereskundliche Meßtechnik liefert. Einige Bindungen bestehen zwischen der O. und der Meeresbiologie sowie der Meteorologie. Bei der Untersuchung einzelner Meeresräume liefert die Geographie wichtige Beiträge. Eine enge Zusammenarbeit ergibt sich auch zwischen O. und der Meeresgeologie, die sich mit der Untersuchung des Meeresbodens, der darunterliegenden Schichten und mit der Entstehung der Meere beschäftigt, sowie zwischen der O. und der marinen Geophysik.

In der DDR befassen sich mit Problemen der O. das Institut für Hochseefischerei Rostock, das Institut für Meereskunde Warnemünde sowie einige Universitätsinstitute.

Lit. Bruhns: Ozeanologie, Bd I–III (Berlin, Bd I 1958, II 1962, III 1968); Dietrich u. Kalle: Allg. Meereskunde (Berlin 1957); Scharnow: O. (Berlin 1964); → Meer.

Ozokerit, svw. → Erdwachs.

Ozon *n*, **Trisauerstoff**, O_3 , eine energiereichere Form des Sauerstoffs; D. $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ (bezogen auf Luft = 1), D. des flüssigen O.s $1,46 \text{ g cm}^{-3}$ bei $-111,9^\circ \text{C}$, F. -251°C , Kp. $-111,9^\circ \text{C}$. O. ist ein tiefblaues Gas, das sich zu einer tief dunkelblauen Flüssigkeit verdichten läßt, die bei weiterem Abkühlen zu blauschwarzen oder dunkelvioioletten Kristallen erstarrt. Als endotherme Verbindung zerfällt O. leicht in O_2 -Moleküle, bei Gegenwart von Spuren oxydierbarer Substanz selbst bei Temperaturen unterhalb -100°C explosionsartig. O. ist eines der stärksten Oxydationsmittel. Es entsteht in der Natur aus O_2 -Molekülen unter der Einwirkung des ultravioletten Lichts in der → Ozonschicht. Ferner entsteht es in der Nähe einer Quarzlampe, unter Einwirkung radioaktiver Strahlen, bei elektrischen Entladungen u. a. Zur Darstellung von O. leitet man Sauerstoff oder Luft durch einen *Siemensschen Ozonisator*. Das entstehende Ozon-Sauerstoff-Gemisch wird zur Gewinnung reinen O.s fraktioniert verflüssigt. Man verwendet O. in der präparativen und analytischen Chemie, da es sich mit ungesättigten organischen Verbindungen zu **Ozoniden** verbindet, die bei der Spaltung Aldehyde oder Ketone neben Säuren liefern. Auch dient O. zum Bleichen organischer Stoffe, zur Luftverbesserung und zur Entkeimung von Trinkwasser (**Ozonisierung**), ferner als Sauerstoffträger in Raketentreibstoffen.

Ozonschicht, die von etwa 20 bis etwa 35 km Höhe reichende Schicht der Stratosphäre, in der das Ozon O_3 am stärksten enthalten ist. Die O. hat die Eigenschaft, fast die gesamte Strahlung unter 2900 \AA (Angström) zu absorbieren. Während die Kurzwellenstrahlung der Sonne den Sauerstoff in Ozon überführt, zerstören andere Wellenlängen des Sonnenlichtes das Ozon wieder,

und die frei werdenden Sauerstoffatome rekombinieren zu molekularem Sauerstoff. Die dabei frei werdende Energie verursacht eine starke Erwärmung der O., so daß in dieser trotz ihrer Höhe positive Temperaturen vorhanden sind. Würde man die Gesamtmenge des Ozons auf Normaldruck bringen, so ergäbe sich nur eine Schicht von etwa 3 mm Dicke.

P-, Abk. für → para-

p, 1) Kurzz. für → Pond. 2) Kurzz. für → Pico. 3) Kurzz. für → typographischer Punkt. 4) Zeichen für → Proton. 5) *p*, Zeichen für → Druck. **P**, 1) Kurzz. für → Poise. 2) Symbol für → Phosphor. 3) *P*, Zeichen für → Parachor. 4) *P*, Zeichen für → Leistung. 5) *P*, Zeichen für elektrischen

→ Leitwert. 6) \vec{P} , altes Zeichen für → Kraft.

Pa, Symbol für → Protaktinium.

Paarbildung, im weiteren Sinne die gleichzeitige Entstehung eines Paares von Elementarteilchen (Teilchen und Antiteilchen) aus anderen Teilchen. Im engeren Sinne versteht man unter P. die Erzeugung eines Elektron-Positron-Paares aus einem Photon.

Bei der **Elektron-Positron-Paarbildung** wird die Energie des Photons in der Hauptsache in die Energie der Ruhmasse umgewandelt. Hierfür gilt die Einstein-Gleichung, nach der die Ruheenergie der beiden zu erzeugenden Teilchen insgesamt $W_0 = 2 m_0 c^2$ ist, wobei m_0 = Ruhmasse des Elektrons bzw. des Positrons, c = Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Die Energie eines Lichtquants beträgt $W = h f = hc/\lambda$ (hierbei ist h das Plancksche Wirkungsquantum, λ die Wellenlänge und f die Frequenz des Lichtes); diese Energie muß mindestens so groß sein wie W_0 . Nun ist aber ungefähr $W_0 = 1 \text{ MeV}$; damit kommen nur die sehr kurzwelligen, also energiereichen γ -Quanten für diesen Prozeß in Frage. Die überschüssige Energie des γ -Quants, das sich immer nur als Ganzes umsetzen kann, wird in Bewegungsenergie der entstehenden Teilchen umgesetzt.

Außer dem Energieerhaltungsgesetz sind auch die Erhaltungssätze der elektrischen Ladung und des Impulses erfüllt. Die Ladungserhaltung ist gesichert, da Teilchen und Antiteilchen immer gleich große Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens tragen; diese sind dann der Ladung Null des γ -Quants äquivalent. Zur Erfüllung des Impulssatzes ist aber die Beteiligung einer weiteren Partikel (meist ist es ein Atomkern) notwendig, die den überschüssigen Impuls des γ -Quants aufnehmen kann. Bei der Absorption von γ -Strahlung in Materie spielt daher neben dem Compton-Effekt und dem inneren lichtelektrischen Effekt auch die P. in der Nachbarschaft von Atomkernen eine Rolle.

Den umgekehrten Prozeß der P. bezeichnet man als **Zerstrahlung** (**Annihilation**). Dabei vereinigen sich ein Elektron und ein Positron kurzzeitig zu einem *Positronium* genannten, unbeständigen, molekulartigen Gebilde und verschwinden dann unter Aussendung zweier γ -Quanten, die auf Grund des Impuls-Erhaltungssatzes in verschiedene Richtungen ausgestrahlt werden (Vernichtungsstrahlung).

Für die Erzeugung und Vernichtung z. B. eines **Proton-Antiproton-Paares** gelten ähnliche Gesetze. Zur P. jedoch ist statt eines γ -Quants ein Meson mit einer Mindestenergie von über $2 \cdot 10^3 \text{ MeV}$ erforderlich. — Über theoretische Deutung von P. und Zerstrahlung → Löchertheorie.

Paarungsmaß, in der Meßtechnik das Maß, das ein formfehlerfreies Gegenstück haben muß, damit das mit Formfehlern behaftete Werkstück gerade noch (d. h. ohne merklichen Kraftaufwand oder unter einer definierten Kraft) mit diesem gepaart (zusammengefügt) werden kann. Sollen zwei nach Toleranz gefertigte Paarungsteile (z. B. Welle und Bohrung) nach dem Fügen die gewünschte Passung ergeben, so darf das P. jedes Teiles die Gutseite des betreffenden Toleranzfeldes nicht überschreiten. Die bei der Prüfung verwendeten Gutlehren müssen das der gutseitigen Toleranzgrenze entsprechende P. verkörpern (→ Lehre).

Pacemaker, ein → elektronisches Herzreizgerät.

Packfong, → Neusilber.

Packlage, → Straße.

Packwerk, eine Unterlage für den Bau von Strombauwerken. Sie entsteht durch kreuzweises Aufeinanderpacken von mit Kies und Steinen beschwerten Faschinen, die mit durchgerammten Bühnenpfählen und mit Draht festgelegt und verspannt werden.

Padparadscha, ein → Korund.

Pak, → Panzerabwehrwaffen.

Paläogen, → Tertiär.

Paläozoikum, das Altertum der Erde (→ System, Tab.).

Palette, ein → Lastaufnahmemittel.

palingen, Bezeichnung für Magma, das durch Aufschmelzen von festen Gesteinen entsteht.

Palladium, Symbol Pd, chemisches Element aus der VIII. Nebengruppe des Periodensystems, ein Platinmetall, Edelmetall; Ordnungszahl 46, Massenzahl der Isotope 106, 108, 105, 110, 104 und 102, Atomgewicht 106,4 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist II, seltener III, IV, D. 12,03 g cm^{-3} , F. 1554,4 °C, Kp. 3387 °C; 1803 von Wollaston entdeckt. P. ist silberweiß, sehr korrosionsbeständig und schiedbar. Kompaktes P. vermag etwa das 600fache, feinverteiltes P. (Palladiumschwamm) das 850fache, eine wäßrige Suspension von feinstverteiltem P. (Palladiumschwarz oder -mohr) das 1200fache und eine kolloide Palladiumlösung das 3000fache ihres Volumens an Wasserstoff aufzunehmen. Der Wasserstoff ist im Metall atomar gelöst, darauf beruht die hohe katalytische Wirksamkeit des P. bei Hydrierungen. P. kommt gediegen als Begleiter des Platins und häufig in Gold-, Silber- und Nickelern vor. Bei der elektrolytischen Raffination dieser Metalle fällt es als Nebenprodukt an. Reines P. wird als Kontaktmetall in Telefonrelais, zur Feinstreinigung von Wasserstoff, für Schmuckgegenstände und als Katalysator verwendet. Legierungen von P. dienen für Zahnfüllungen, Schmuckwaren, Schreibfedern, Kontakte für elektrische Geräte u. a.

Pallringe, → Füllkörper.

Palmfett, Palmöl, → Fette und fette Öle.

Palmitinsäure, $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$, die verbreitetste kristalline Fettsäure (F. 63 °C). Als Glycerinester ist sie einer der Hauptbestandteile der Fette und fetten Öle. Man gewinnt sie durch Fettsäurespaltung. Die P. dient zur Herstellung von Kerzen und kosmetischen Präparaten. Die Salze und Ester der P. sind die **Palmitate**. Die Salze werden vor allem als Imprägnierungsmittel und Zusatz zu Spezialschmiermitteln eingesetzt.

Palmitylalkohol, ein → Fettalkohol.

PAL-Verfahren, → Farbfernsehen.

PAM, → Impulsmodulation.

Panama, → Bindung.

panchromatisch, → Photographie.

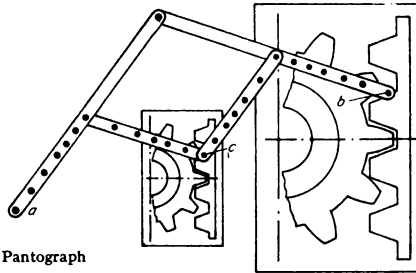
pankratisches System, eine optische Einrichtung, die durch Verschieben mehrerer Linsen oder Linsengruppen zueinander eine kontinuierliche Veränderung des Vergrößerungs- oder Abbildungsmaßstabes eines optischen Gerätes bei

gleichzeitiger Einhaltung der Bildscharfe ermöglicht. Man unterscheidet pankratische Objektive für die Filmtechnik (Varioobjektiv, oft unexakt auch als Gummilinde bezeichnet), pankratische Fernrohre und Projektionsokulare für die Mikroprojektion. Bei pankratischen Kondensoren für Mikroskope werden numerische Apertur des Strahlenbündels und Größe des beleuchteten Feldes in Abhängigkeit voneinander geregelt.

Panorama, → Bühnentechnik.

Panoramaverfahren, eine Gruppe von → Breitwandverfahren.

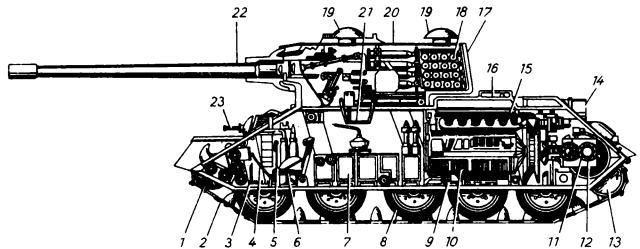
Pantograph, Storchschnabel, ein Gerät zur vergrößerten oder verkleinerten Wiedergabe von Zeichnungen (technische Kurven, Nocken, Kurvenscheiben u. a.), das aus einem beweglichen Parallelogramm von Holz- oder Metallschenkeln besteht. Der eine Punkt des Schenkelmekanismus (a) wird festgehalten; am anderen be-



findet sich ein Stift (b), mit dem man auf der Vorlage entlangfährt; am dritten sitzt ein Bleistift (c), der die Abbildung aufzeichnet. Das Übersetzungsverhältnis kann durch gleichzeitiges Umstecken des Fixpunktes a und des Bleistiftes c geändert werden. Die Verbindung aller 3 Punkte bildet stets eine Gerade. Die Abb. zeigt eine Verkleinerung im Maßstab etwa 1:2.

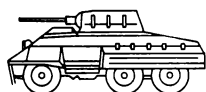
Pantothenäure, → Vitamine.

Panzer, Panzerwagen (Tafel 17), ein gepanzertes Vollgleiskettenfahrzeug mit Bewaffnung. P. dienen zur Bekämpfung von Infanterie- und Artilleriestellungen und von gegnerischen P.n. Sie werden nach ihrer Masse eingeteilt in leichte P. (bis 20 t), mittlere P. (bis 40 t) und schwere P. (über 40 t). Schwere P. haben eine Besatzung bis zu 5 Mann. Der Antrieb erfolgt durch einen Dieselmotor (oft einen Vielstoffmotor) oder einen Ottomotor (bis 550 PS), der dem P. eine Höchstgeschwindigkeit bis zu 70 km/h (bei leichten P.n) verleiht. Die Panzerung hat eine Stärke von 120 bis 150 mm, in Einzelfällen bis zu 500 mm. Die Bewaffnung besteht aus 1 bis 3 Maschinengewehren, einer im üblicherweise drehbaren Turm des P.s eingebauten Kanone (Kampf-



Panzer T-34/85 (Längsschnitt). 1 Leitradschwinge, 2 Kette, 3 Bremspedal, 4 Lenkhebel, 5 Schaltmechanismus, 6 Fahrersitz, 7 Munitionskasten für MG, 8 Laufrolle, 9 Luke unterhalb des Motors, 10 Akkumulator, 11 Wechselgetriebe, 12 Lenkmechanismus, 13 Antriebsrad, 14 Zusatzkraftstoffbehälter, 15 Dieselmotor, 16 Motorluke, 17 Turm, 18 Geschützmunition, 19 Entlüfter, 20 Turmlukendeckel, 21 Sitz des Ladeschützen, 22 85-mm-Kanone, 23 Maschinengewehr

Panzerabwehr- waffen



Panzerspähwagen

wagenkanone, abg. KWK, Kaliber bis 155 mm) und einem Nebelgranatwerfer; neuerdings werden P. auch mit Panzerabwehrkranraketen ausgerüstet. P. sind mit Funk- und Bordsprechanlage sowie einer elektrischen Richtmaschine für die KWK ausgerüstet, moderne P. unter den Bedingungen des Einsatzes von KBC-Waffen außerdem mit KBC-Schutzrüstung und Klimaanlage. Ferner besitzen moderne P. Zubehör zur Unterwasserfahrt (z. B. Luftschacht, Auspuffventil und Abdichtungselemente) sowie Nacht-sichtgeräte und eine Stabilisierungseinrichtung, die das gerichtete Geschütz während der Fahrt in gleicher Lage hält. Während des Kampfes erfolgt die Beobachtung bei geschlossenen Luken durch optische Geräte oder durch Sehschlitze.

Spezialpanzer. **Jagdpanzer** sind besonders zur Bekämpfung gegnerischer P. geeignete P. mit feststehender Kanone (Kaliber 90 bis 100 mm), MG, Fla-MG und Nebelgranatwerfer; sie zeichnen sich durch hohe Beweglichkeit aus. **Flakpanzer** sind mit 2 bis 4 Fla-Geschützen ausgerüstet und werden zur Sicherung gegen Angriffe aus der Luft eingesetzt. **Minenräumpanzer** zur Schaffung von Spurgassen (Breite 1,3 m, bei zwei gestaffelt fahrenden P.n 5,20 m) in Minenfeldern sind mit einem vorgehängten Minen-Räumgerät ausgerüstet, das die Minen zur Detonation bringt. Die Räumgeräte (z. B. Rollen-, Schlag-, Messerräumgeräte) haben eine Masse von mehreren Tonnen und bestehen aus zwei Sektionen, die unabhängig voneinander arbeiten.

Luftlandepanzer sind leichte P., die in Flugzeugen transportiert und mit Fallschirmen abgeworfen werden können. **Schwimmpanzer** können sich sowohl auf dem Land als auch im Wasser fortbewegen (→ Schwimmfahrzeug). **Pionierpanzer** sind mit Planiereinrichtung, Kranausleger u. a. ausgerüstet. **Bergepanzer** dienen zum Bergen von P.n (besonders in Instandsetzungseinheiten).

Brückenlegepanzer sind mit Brücken verschiedener Spannweite ausgerüstet, sie dienen zur Unterstützung beim Überwinden von verschiedenartigen Hindernissen.

Zur Panzerbekämpfung dienen außer P.n → Panzerabwehrwaffen und Panzersperren (Minenfelder, Panzergräben u. a. Hindernisse).

Lit. Kleine Panzerkunde (Berlin 1967).

Panzerabwehrwaffen, alle Waffen zur Bekämpfung von Panzern und anderen gepanzerten Fahrzeugen. Die **Panzerabwehrkanonen**, abg. **Pak**, sind direkt schießende Flachfeuergeschütze von 37 bis 85 mm oder größerem Kaliber mit hoher Schußfolge und großer Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse. Auch Fliegerabwehrkanonen und andere Geschütze, z. B. rückstoßfreie Geschütze, können als P. eingesetzt werden. Die gegenwärtig stärksten P. sind Panzerabwehrkanonen (→ Raketenwaffen). Ferner gibt es zur Panzerbekämpfung spezielle **Jagdpanzer** (→ Panzer). Die **Panzerbüchse** (im 2. Weltkrieg als Panzerfaust oder Panzerschreck bekannt) ist eine reaktive (auf dem Raketenprinzip beruhende) rückstoßfreie Einmannwaffe mit nicht gezogenem Rohr (→ Raketenwaffen).

Als P. werden auch → Handgranaten (übliche und Panzerhandgranaten) verwendet, ferner → Minen (Haftminen, die an die Außenwand des Panzers angebracht werden, und Panzerminen) oder Brandflascher und Brandkanister (→ Brandmittel).

Panzerbüchse, eine → Raketenwaffe.

Panzerfaust, eine → Raketenwaffe.

Panzerförderer, ein Fördermittel im Bergbau zum stetigen waagerechten, steigenden oder fallenden Transport von Schüttgut. Der P. gehört zu den Kratzerförderern. In einer sehr niedrigen, offenen Rinne laufen zwei parallele endlose Ket-

ten (meist Rundgliederketten), die durch Stege verbunden sind. Diese bewegen das Fördergut gleitend auf der Rinne. Der P. wird vor Ort längs des Strebess so aufgestellt, daß die von den Hauern abgebaute Kohle unmittelbar darauf fällt. Für fallende Strecken setzt man **Bremsförderer** ein, die meist als **Stauscheibeförderer** ausgeführt werden. An einer endlosen Rundgliederkette sind in bestimmten Abständen Scheiben angeordnet. Sie laufen in einer Rinne, die für das fördernde Trum einen offenen, für das Leertrum einen geschlossenen, kreisförmigen Querschnitt hat. Der Antrieb bremsst die Kette, damit das Fördergut mit vorgegebener Geschwindigkeit transportiert wird und sich auf der fallenden Förderstrecke nicht beschleunigt.

Panzerholz, → Holz.

Panzerspähwagen, ein gepanzertes, schnelles Aufklärungsfahrzeug. P. sind Radfahrzeuge (meist zweiachsige, Niederdruckreifen, Allradantrieb) und haben oft einen Bug- und einen Heckmotor, so daß Wenden unnötig wird. P. sind mit Funkstationen ausgerüstet. Die Bewaffnung besteht aus Maschinengewehren, bei manchen Typen auch aus einer leichten Kampfwagenkanone, einem Granatwerfer und vereinzelt auch Panzerabwehrkanonen. Der Antrieb erfolgt durch Ottomotoren, die Geschwindigkeit beträgt bis zu 100 km/h. (Abb.)

Panzertauchergeräte, → Tauchergeräte.

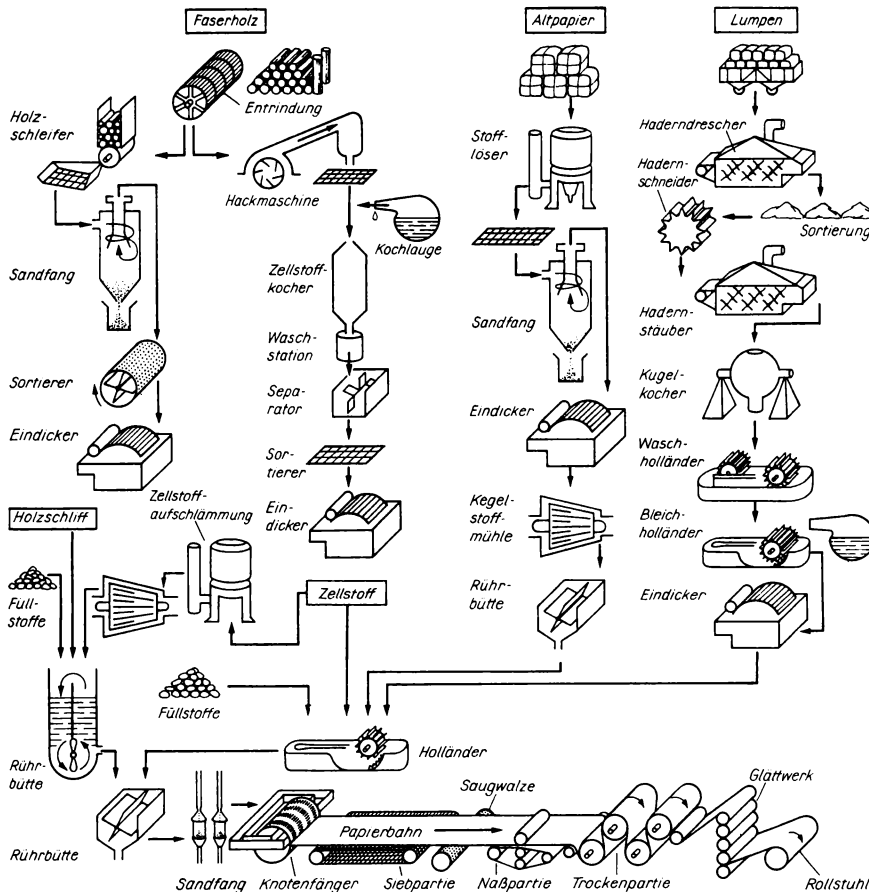
Panzerwagen, svw. → Panzer.

Papaverin, ein Alkaloid vom Benzylisochinolin-typ. P. findet sich im Opium und in verschiedenen Mohnarten und kann auch synthetisch hergestellt werden. Es dient als krampflösendes Mittel.

Papier (Tafel 32), ein Werkstoff, der durch Verfilzen, Verkleben und Pressen von Fasern entsteht. Hauptrohstoff ist heute Holz (Faserholz), und zwar vor allem Fichte, aber auch Kiefer, Buche, Pappel, Espe u. a., das entweder mechanisch zu → Holzschliff oder chemisch zu → Zellstoff aufgeschlossen wird. Da im letzten Fall die Holzfasern fast rein ausgelöst und Lignin, Harz, Zuckerarten u. a. entfernt werden, bezeichnet man P.e, die aus Zellstoff und Lumpen (Hadern) bestehen und keinen Holzschliff enthalten, als **holzfrei**, solche mit Holzschliffanteil als **holzhaltig**. Holzfrei sind alle guten Schreib- und Druckpapiere, holzhaltig die einfachen Druck- und Schreibpapiere, vor allem Zeitungsdruckpapier. Zur Erzielung besonders hochwertigen holzfreien P.s gibt man oft einen bestimmten Prozentsatz Hadern bei, während Banknoten-, Zigaretten-, Dünndruck-, Filter-, Büttenpapier u. a. fast ausschließlich aus Hadern unter Zusatz von gebleichtem Zellstoff hergestellt wird (**Hadernpapier**). Manche P.e, z. B. normales Packpapier, werden unter Verwendung eines großen Anteils Altpapier angefertigt. Man verwendet auch Getreidestroh und andere Pflanzenfasern, wie Espartogras, Reisstroh, Bambus, Linters und neuerdings auch Bagasse (ausgepreßte Stengel des Zuckerrohrs). Bei der Herstellung der meisten holzhaltigen P.e wird der Faserstoff zur Qualitätsverbesserung mit Füllstoffen gemischt, z. B. für Zeitungsdruckpapier mit bis zu 15 % Kaolin. Holzfrees P. wird fast stets mehr oder weniger stark geleimt, d. h., dem Faserbrei wird teils verseiftes Harz und nach Durchmischung Alaun zugesetzt (Stoffleimung). Die Leimung vermindert die Saugfähigkeit des P.s und macht es tintenfest. Die Möglichkeit, das Papier durch Wahl der Rohstoffe, Mahlung der Faser, Farbe, Änderung der Quadratmetermasse und nachfolgende Behandlung in sehr weiten Grenzen dem Verwendungszweck anzupassen, machen es zu einem unentbehrlichen Rohstoff oder Hilfsmittel für viele andere Industriezweige.

Je nach dem Mengenverhältnis der Rohstoffe und Zusätze, nach der Fertigungsart und nach dem Verwendungszweck läßt sich eine Vielzahl von Papiersorten unterscheiden. **Büttenpapier** ist ein ursprünglich handgeschöpftes P. aus Hadern (Leinen, Baumwolle), das jetzt meist aus Hadern unter Zusatz von gebleichtem Zellstoff auf Spezialpapiermaschinen hergestellt wird. Der ungleichmäßige, ausgefranste Rand des echten Büttenpapiers wird bei billigen Sorten durch Reißen statt Schneiden der Bögen nachgeahmt. **Dünndruckpapier** ist ein dünnes P. mit etwa 25 bis 40 g m⁻² Masse für Taschenwörterbücher, Reisehandbücher, Fahrpläne u. dgl. Es wird aus hochwertigen festen Faserstoffen hergestellt, denen zur Verminderung der Transparenz Füllstoffe beigegeben werden. **Kunstdruckpapier**, ein hochwertiges, meist matt, aber für Illustrationen mit sehr feinem Kaster auch hochglänzend hergestelltes P. mit porenfreier Oberfläche, wird vor allem für Illustrationsdruck verwendet. Als **Pauspapier** bezeichnet man sowohl ein durchscheinendes, pergamentartiges P. für Zeichenzwecke als auch **Kohlepapier**, ein dünnes, festes P. mit Aufstrich einer Mischung von Paraffin, Wachsen und Farbstoffen, das zur Herstellung von Durchschlägen auf der Schreibmaschine, Durchschriften in Auftragsbüchern u. ä. dient. **Pigment- oder Chromgelatinepapier**, ein mit einer durch Kohle, Rötöl o. ä. angefärbten und durch Kaliumdichromatlösung lichtempfindlich gemachten Gelatineschicht überzogenes P.,

wird beim Tiefdruck verwendet. **Saugpapier** ist ein ungeleimtes P., das infolge seines lockeren Gefüges Flüssigkeiten schnell aufsaugt. Dazu gehören Fließ- oder Löschpapier sowie Filterpapier zum Absieben von festen Stoffen aus Lösungen. Filterpapier wird ohne jeden Füllstoff und für chemische Analysen aus mit Salz- oder Fluorwasserstoffsäure behandelten Rohstoffen hergestellt. **Schleifpapier** ist ein besonders reißfestes P., das auf einem Leimüberzug Sand, Schmirgel- oder Glaspulver, Korund- oder Karborundumkörner enthält (Sand-, Schmirgel-, Glaspapier usw.) und zum Schleifen, vor allem von Holz, verwendet wird. **Seidenpapier** ist ein sehr dünnes, leichtes P. (unter 30 g m⁻²). Luftpostpapier und feines Durchschlagpapier werden aus gebleichtem Zellstoff hergestellt. Billiges Seidenpapier zu Verpackungszwecken enthält neben ungebleichtem Zellstoff Holzschliff. Zigarettenpapier wird aus Leinen- und Baumwolllumpen meist mit Zusatz von gebleichtem Zellstoff hergestellt. Chinesisches und japanisches Seidenpapier besteht aus Bastfasern. **Streichpapier** ist ein maschinell mit einem Aufstrich aus Füllstoffen in Kasein- oder Plastbindung versehenes P., das nach Satinieren im Kalandrier eine sehr gleichmäßige und glatte, d. h. porenfreie Oberfläche aufweist, z. B. gestrichenes Kunstdruckpapier. Beim **Massey-Verfahren** zur Anfertigung von billigem Streichpapier für Zeitschriften und Massenprospekte erfolgt das Aufstreichen bereits während der Herstellung in der



Papierherstellung

Papiermaschine. Durch Zusatz von Erdpigmenten oder synthetischen Farbstoffen zu der Füllstoffaufschwemmung erhält man **Buntpapier**, das oft zusätzlich in Steinglättemaschinen geglättet wird, um Hochglanz zu erzielen. **Wasser-dichte P.e** werden durch Zusatz von Chemikalien, wie Melaminharz oder Bitumenemulsion, zum Papierstoffbrei erzeugt oder durch nachträgliche Bearbeitung des fertigen P.s gewonnen. Sie dienen zur Verpackung von Lebensmitteln, Maschinen, Geräten u. a. und zur Anfertigung von Verpackungsgefäßen, z. B. für Marmelade und Chemikalien. Zu den wasserdichten P.en gehören Wachspapier und **Pergamentpapier**, ein dichtes, für Fettstoffe undurchlässiges P. Es wird hergestellt, indem Rohpapier durch ein Bad mit Schwefelsäure oder Zinkchloridlösung gezogen wird, wobei die Fasern zu einer hornartigen, ziemlich homogenen Folie aufquellen, schleimig werden und zusammenkleben (*Pergamentierung*). Darauf folgt Abpressen, sorgfältiges Auswaschen und Trocknen sowie Glätten. Pergamentersatzpapier ist fettdicht, wird aber von Wasser allmählich aufgeweicht; man stellt es aus scharf gemahlenem Zellstoff teilweise mit Hadernzusatz her. Pergamin ist satiniertes Pergamentersatzpapier. Weitere P.e sind z. B. Schreib-, Zeichen-, Druck-, Pack-, Kondensator-, Kabel-, Lack- und Photorohpapier, Sackpapier sowie Spinnpapier für Papiergarn und -bindfaden. Schließlich zählen auch → Karton und im weiteren Sinne → Pappen zu den P.en.

Herstellung. Die Faserstoffe, d. h. Holzschliff Zellstoff, Altpapier, Halbstoffe und in besonderen Fällen Lumpen, werden (ebenso wie Kaolin und Leim) wie im Schema dargestellt aufbereitet. In älteren Papierfabriken werden alle diese Stoffe im Holländer gemischt und gemahlen und dann über die Maschinenbütte und den Knotenfänger zur Breitenverteilung über dem Papiermaschinen-sieb geleitet. Bei holzfreien P.en ist diese Arbeitsweise angebracht, da die ganze Mischung gemahlen werden muß. Bei den in großen Mengen hergestellten holzhaltigen P.en dagegen werden in modernen Fabriken die einzelnen Bestandteile individuell behandelt. Der von der Holzschleiferei kommende Holzschliff ist fertig aufgeschlossen und bedarf keiner weiteren Behandlung. Der Zellstoff dagegen, der meist in Form von Rollen oder Ballen geliefert wird, muß in Wasser aufgeschwemmt werden, z. B. in einem Pulper, und dann gemahlen, d. h. gequetscht, gegebenenfalls geschnitten und fibrilliert werden. Durch diese Behandlung werden die Fasern geschmeidiger, so daß die Faser-zu-Faser-Bindung verbessert wird. Die Mahlung erfolgt in den modernen Stoffmühlen bedeutend wirtschaftlicher als in den Holländern. Der anfallende Ausschluß wird ebenfalls aufgelöst, entstippt und gereinigt. Die Füllstoffe werden im Wasser aufgeschlämmt und dann gesiebt. Aluminiumsulfat und teilverseiftes Kolophonium, die zur Leimung des P.s nötig sind, werden in Wasser aufgelöst und sorgfältig gesiebt. Entsprechend den geforderten Eigenschaften des zu fertigenden P.s werden die in bestimmten Konzentrationen befindlichen Komponenten in einem vollautomatischen Zuteilapparat volumetrisch abgemessen, wobei oft noch das aufgelöste Farbmittel zugesetzt wird, und in einer Intensivrührbütte innig gemischt. Das Gemisch wird über einen Stoffdichteregler, der zur genauen Kontrolle und zum Ausgleich des vorhandenen Festgehaltes an Stoffen in einer genau abgemessenen Menge dient, den Knotenfängern zugepumpt. Nachdem die Stoffaufschwemmung hier von gegebenenfalls vorhandenen Unreinheiten befreit worden ist, gelangt sie über eine Breitenverteilung auf das umlaufende endlose Sieb einer *Langsiebpapiermaschine* (Tafel 32). Gegebenenfalls wird die Papierbahn hier

bereits durch einen Siebzylinder (Egoutteur) mit aufgelöteten Prägeformen aus Draht mit → Wasserzeichen versehen. Der Egoutteur dient außerdem zum Ausgleich von Ungleichmäßigkeiten, wodurch die Durchsicht des P.s verbessert wird. Ein Teil des Verdünnungswassers läuft an den Trag- (Register-) Walzen des Siebs ab. Ein weiterer Teil wird durch Saugkästen entfernt, die unter dem Sieb angebracht sind und durch Unterdruck wirken. Dann läuft die Papierbahn zur weiteren Entwässerung durch eine Gautschpresse (mit filzbezogener Oberwalze) oder bei modernen Maschinen über eine Saugwalze. Hierauf folgt die Naßpartie mit 2 bis 4 Naßpressen, zwischen denen die noch weiche Bahn von einem umlaufenden — zugleich wasser-aufsaugenden — Filztuch getragen wird. Mitunter ist die Unterwalze der ersten Presse als Saugwalze ausgebildet. Der Naßpartie folgt die Trockenpartie, die sich aus 10 bis 50 dampf-beheizten umlaufenden Trockenzylindern zusammensetzt, wobei die Temperatur mit dem Lauf des P.s ansteigt. Um hochmaschinenglatte P. zu erhalten, kann die Papierbahn in etwas feuchtem Zustand noch durch ein Glättwerk (Feuchtglätte) geleitet werden und nach weiterer Trocknung durch ein zweites Glättwerk, bevor sie zur Rolle aufgewickelt wird. Langsieb-papiermaschinen dienen zur Herstellung aller Arten von P. von etwa 20 bis 300 g m⁻². Maschinen für Feinpapiere und mittelfeine P.e sind bis zu 3 m breit und erreichen Durchlaufgeschwindigkeiten bis zu 200 m min⁻¹, die für Zeitungsdruck-papier sind oft sehr breit (bis 8 m Siebbreite) und haben dann eine Durchlaufgeschwindigkeit bis zu 700 m min⁻¹.

Eine Abart der Langsiebpapiermaschinen sind die *Selbstabnahme- und Einseitigglatte-Papiermaschinen*. Das P. wird selbsttätig vom Lang-sieb durch ein um die obere Gautschwalze geführtes endloses Obertuch zu einer mit Gummi bezogenen Preßwalze transportiert, die die Papierbahn mit hohem Druck an einen großen (bis 6 m Durchmesser) dampf-beheizten Trockenzylinder preßt. Die Papierbahn bleibt dabei an dessen spiegelglatt geschliffener Oberfläche haften, bis sie getrocknet ist. Das P. erhält auf diese Weise auf der Zylinderseite eine hohe Glätte. Auf Maschinen dieser Art werden dünne P.e von etwa 10 bis 50 g m⁻² gearbeitet. Für stärkere P.e muß das Obertuch herausgenommen und zwischen der Walze der erwärmten Presse und dem großen Zylinder ein umlaufender endloser Schonfilz angebracht werden. Diese Maschinen erreichen Durchlaufgeschwindigkeiten bis zu 1000 m min⁻¹ und mehr.

Auf *Rundsiebmaschinen* werden Spezialpapiere und vor allem Karton mit über 200 g m⁻² erzeugt. Sie weisen statt des ebenen Siebes rotierende Siebzylinder auf, die in die Papierstoffaufschwemmung eintauchen. Die sich auf der Sieboberfläche bildende Papierbahn wird von einem endlosen Filztuch abgenommen und der Naß- und Trockenpartie zugeführt. Zur Kartonherstellung ordnet man stets mehrere Rundsiebe (bis zu 7) hintereinander, die alle nacheinander ihre Stoffbahn an ein gemeinsames Filztuch abgeben. Auf diese Weise entsteht eine mehr oder weniger dicke Bahn.

Die älteste, heute nur noch zur Herstellung von Büttenpapier und hochwertigem Filterpapier angewendete Methode ist das *Handschöpfen*. Hierbei wird der Papierstoff aus einem Trog, der Bütte, mit einem ebenen Metallsieb herausgeschöpft, wobei das meiste Wasser — durch Schütteln gefördert — abfließt und die festen Bestandteile auf dem Sieb zurückbleiben. Sie bilden durch Verfilzen der Fasern ein Blatt, das auf einem Wollfilz abgedrückt (gegautscht) wird. Die Filztücher mit den Papierblättern

werden gestapelt und in einer hydraulischen Presse entwässert, dann werden die Papierblätter von den Tüchern abgenommen, geschichtet, nochmals hydraulisch gepreßt und anschließend einzeln getrocknet, gegebenenfalls geleimt.

Veredlung und Nachbearbeitung. Besondere Glätte (Satinage) und Prägemuster werden auf Kalandern erzeugt. Mitunter wird das fertige P. nachträglich geleimt (Oberflächenleimung). Durch Streichen wird eine besondere Oberflächengüte erzielt (Streichpapier), durch farbigen Aufstrich Buntpapier erzeugt. Auf Rollenschneidemaschinen wird die breite Papierbahn mit Tellermessern in die gewünschten Rollenbreiten geschnitten und zugleich zu klangharten Rollen für den Versand gewickelt. Für die Herstellung von Formatpapieren benutzt man einen Querschneider. Ihm werden über eine Zugpresse die Bahnen von 6 bis 10 Rollen übereinander zugeführt und zwischen 2 waagerechten Messern oder zwischen einem feststehenden und einem rotierenden Messer zerteilt. Moderne Querschneider sind mit automatischer Bogenablage sowie Rieszahl- und Markierungsvorrichtung für die einzelnen Riese versehen.

Papierformate. Während früher die Papiergrößen willkürlich gewählt wurden und Bezeichnungen wie Oktav, Quart, Kanzlei usw. nur ungefähre Formate angaben, wendet man jetzt meistens die nachstehend angeführten Formate an. Ausgegangen wird dabei in der Hauptreihe A von der Bogengröße $841/1189 \text{ mm} = 1 \text{ m}^2$. Durch fortgesetztes Halbieren entstehen dann die weiteren Formate (in mm):

A 0 841/1189	A 4 210/297	A 8 52/74
A 1 594/841	A 5 148/210	A 9 37/52
A 2 420/594	A 6 105/148	A 10 26/37
A 3 297/420	A 7 74/105	A 11 18/26

Lit. Hentschel: Chemische Technologie der Zellstoff- und Papierherstellung (3. Aufl. Leipzig 1966); Hoyer: Handb. der Karton- und Pappenherstellung (Leipzig 1964); Iwanow: Technologie der Papierherstellung (dtsh Leipzig 1964); Seliger: Die Wärmewirtschaft in der Zellstoff- und Papierindustrie (Dresden 1966); Stolze: Druckpapiere, ihre Herstellung und Verarbeitung (Halle 1951); Weiß: Handb. der Wasserzeichenkunde (Berlin 1962); Zieger: Papierkunde (Leipzig 1952); Zischr.: Zellstoff und P. (Leipzig), P. und Druck (Berlin).

Papiermaché n, eine bildsame Masse, die durch Auflösen von Altpapier in Wasser unter Zusatz von Leimlösung, Gummi oder Stärke, Gips, Kreide, Schwerspat und Ton hergestellt, in geölte Formen gepreßt und bei hoher Temperatur getrocknet wird.

Pappe, ein dickes, steifes, plattenförmiges Papier mit einer Masse von 500 bis 2000 g m^{-2} . P. wird aus mehreren Lagen zusammengedautschter, d. h. in feuchtem Zustand zusammengedrehter Papierbahnen hergestellt. **Hand- oder Wickelpappe** wird auf Pappenmaschinen gefertigt, die meist einen, höchstens aber 3 Rundsiebzyylinder enthalten. Die sich auf dem Rundsiebzyylinder bildende Stoffbahn wird durch ein Naßfilztuch ab- und von der oberen Naßpreßwalze aufgenommen. Während des Laufs der Maschine wickeln sich so zahlreiche Lagen aufeinander, bis die gewünschte Dicke der P. erreicht ist. Die feuchte P. wird von der Walze abgenommen, unter Zwischenlegen von Filztüchern aufeinander geschichtet und in einer hydraulischen Presse stark entwässert. Dann werden die P.n von den Tüchern abgenommen und in Bandtrocknern getrocknet, danach wieder leicht angefeuchtet und in Friktionskalandern satiniert, wodurch der Stoff verfestigt wird und die verzogenen P.n wieder eben werden. Wickelpappe ist sehr widerstandsfähig und für viele Zwecke verwendbar. **Maschinenpappe** (besser **Maschinenkarton**) ist starker Karton, der auf Rundsiebmaschinen mit bis zu 7 Rundsiebzyklindern (→ Papier) hergestellt wird. Sie steht der Wickelpappe durch das weni-

ger intensive Zusammengautschen (Zusammenpressen) der einzelnen Lagen zwar qualitätsmäßig nach, ist aber dafür billiger.

Nach dem Herstellungsverfahren, den verwendeten Rohstoffen und z. T. nach der dadurch vorhandenen Färbung sowie nach dem Verwendungszweck unterscheidet man eine Vielzahl von Pappsorten, z. B. folgende: **Dachpappe** wird aus Textilabfällen, Zellstoff und Altpapier, neuerdings auch mit Glasfasern hergestellt und für besondere Zwecke mit Gewebeeinlage versehen. Sie ist meist mit Teer oder einer Teeremulsion (**Teerpappe**) oder statt dessen mit Bitumen getränkt und beidseitig überzogen (**Bitumenpappe**; **teerfreie Dachpappe**); sie wird vor allem als Dachbelag verwendet und hierzu mit feinem Sand bestreut geliefert. Ohne Deckschichten und Sandbelag bezeichnet man sie als nackt; sie wird in dieser Form besonders als Dichtungsmaterial benutzt. Aus ausgewählten Rohstoffen unter Beimischung von Imprägnierstoffen hergestellte und besonders behandelte **Hartpappe** wird in der Schuh- und Kofferindustrie verwendet. Sie ist ziehfähig, d. h., sie kann in feuchtem Zustand mit heißen Werkzeugen geformt werden, z. B. zu Schachtelteilen. **Preßspan** ist eine sehr feste, aus hochwertigen Rohstoffen bestehende Wickelpappe, die in verschiedenen Stärken hergestellt wird. Sie wird oft mit Harzlack getränkt und im Kalandr häufig anschließend noch mit dem Glättstein (Achat) geglättet und für Bucheinbände sowie als Isoliermaterial in der Elektrotechnik verwendet. **Wellpappe** besteht aus gewelltem Papier, das ein- oder beidseitig mit einer glatten Papierbahn beklebt ist. Sie ist für die Verpackungsindustrie ein äußerst wichtiges Material. Die daraus hergestellten Kartons u. dgl. sind leicht und widerstandsfähig.

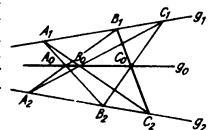
Pappguß, die Herstellung von Massenverpackungsmaterial aus einer Papierstoffaufschwemmung. Die Aufschwemmung wird in eine auseinanderklappbare, mit feinen Löchern versehene Form eingepreßt, aus der das Wasser abfließt; der Stoff bleibt als Wandung zurück.

Pappus-Satz, Satz des Pappus, ein Satz der projektiven Geometrie, der von dem spätgriechischen Mathematiker Pappus von Alexandria (3. Jh. u. Z.) stammt. Er lautet: g_1 und g_2 seien zwei verschiedene Geraden in einer Ebene, A_1, B_1, C_1 drei verschiedene Punkte auf g_1 und A_2, B_2, C_2 drei verschiedene Punkte auf g_2 , von denen keiner mit dem Schnittpunkt von g_1 und g_2 zusammenfällt. Die beiden Geraden A_1B_2 und A_2B_1 bestimmen einen Schnittpunkt A_0 , A_1C_2 und A_2C_1 einen Schnittpunkt B_0 sowie B_1C_2 und B_2C_1 einen Schnittpunkt C_0 . Dann liegen die drei Punkte A_0, B_0, C_0 auf einer Geraden g_0 . Da dieser Satz ein Spezialfall des Satzes von Pascal über in einem Kegelschnitt einbeschriebene Sechsecke ist, wird er oft auch **Pascalscher Satz** für das Geradenpaar g_1, g_2 genannt. Der P.-S. hat Bedeutung für die projektive Geometrie.

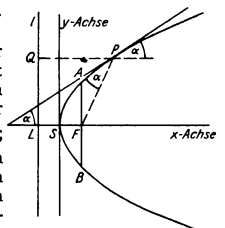
Pappussche Regeln, svw. → Guldinsche Regeln.

PAR, Abk. für Präzisions-Anflug-Radar, → Radar, Abschn. 1 g, → Anflug- und Landesysteme. **para-**, abg. p-, Bezeichnung für die 1,4-Stellung von zwei Substituenten am Benzolring, z. B. p-Dichlorbenzol statt 1,4-Dichlorbenzol.

Parabel, eine ebene Kurve 2. Ordnung, einer der → Kegelschnitte. Die P. ist der geometrische Ort aller Punkte, die von einem festen Punkt, dem **Brennpunkt** F, und einer festen Geraden, der **Leitlinie** l, den gleichen Abstand haben: $\overline{PF} = \overline{PQ}$; $\overline{BF} = \overline{FL}$. Die Verbindungslinien der einzelnen Parabelpunkte mit dem Brennpunkt heißen **Brennstrahlen**, die Lote von dem jeweiligen Parabelpunkt auf die Leitlinie heißen **Leitstrahlen**. Das Lot vom Brennpunkt F auf die Leitlinie l schneidet die P. im **Scheitel** S und die



Pappus-Satz. A_0, B_0 und C_0 liegen auf einer Geraden



Parabel

Leitlinie im Punkt L . Dieses Lot ist Symmetrieachse der P . Man nennt es die *Achse* der P . Die Sehne durch den Brennpunkt F senkrecht zur Symmetrieachse heißt *Parameter* ($AB = 2p$). Ihr Abstand von der Leitlinie l ist gleich dem Abstand \overline{FL} des Brennpunktes von l . Der Scheitel S halbiert die Strecke \overline{FL} , also $\overline{AF} = \overline{FB} = \overline{FL} = p$ (Halbparameter); $\overline{FS} = \overline{SL} = \frac{p}{2}$.

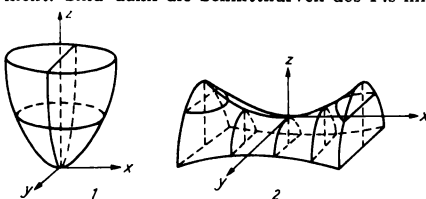
Die Gleichung der P in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem mit der Symmetrieachse der P als Abszissen- und der Tangente an die P im Scheitel S als Ordinatenachse ist $y^2 = 2px$ (Scheitelgleichung). Alle P sind einander ähnlich. Als *Durchmesser* der P bezeichnet man jede Gerade, die der geometrische Ort der Mittelpunkt einer Schar paralleler Sehnen ist.

Jeder Strahl von F nach einem Parabelpunkt P bildet mit der Tangente in diesem Punkt den gleichen Winkel α wie diese Tangente mit der Achse der P . (Abb.) Jeder vom Brennpunkt ausgehende Lichtstrahl wird also von einer spiegelnden P . (Parabolspiegel) parallel zur Achse reflektiert, umgekehrt werden alle parallel zur Achse auftreffenden Strahlen im Brennpunkt vereinigt.

Parabellumpistole, eine \rightarrow Pistole.

parabolische Geometrie, Bezeichnung für die euklidische Geometrie im Unterschied zur elliptischen und hyperbolischen Geometrie (\rightarrow nicht-euklidische Geometrie).

Paraboloid, eine gekrümmte Fläche 2. Ordnung mit der Eigenschaft, daß bei geeigneter Wahl eines räumlichen kartesischen Koordinatensystems die xz -Ebene und die yz -Ebene Symmetrieebenen der Fläche sind, die xy -Ebene aber nicht. Sind dann die Schnittkurven des P s mit



1 elliptisches Paraboloid, 2 hyperbolisches Paraboloid

einer Ebene parallel zur xy -Ebene Ellipsen, so handelt es sich um ein **elliptisches P**. Seine Gleichung ist $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 2z$. Ergeben sich als Schnittkurven Hyperbeln, so spricht man von einem **hyperbolischen P**. Seine Gleichung lautet $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 2z$. Als Schnittkurven des P s mit einer Ebene parallel zur xz -Ebene oder parallel zur yz -Ebene ergeben sich in beiden Fällen Parabeln. Ein **Rotationsparaboloid** entsteht durch Drehung einer Parabel um ihre den Scheitel mit dem Brennpunkt verbindende Achse. Es ist ein Spezialfall ($a = b$) des elliptischen P s. Auf dem hyperbolischen P gibt es ebenso wie auf dem einschaligen \rightarrow Hyperboloid zwei Scharen von Geraden. Jeder Schnitt einer Ebene mit einem P ergibt einen Kegelschnitt.

Parachor m , Zeichen P , Maß für das Molvolumen von Flüssigkeiten bei konstanter Oberflächenspannung: $P = \sigma^{1/4} \frac{M}{d_F - d_D}$, wobei σ = Oberflächenspannung, M = Molekulargewicht, d_F = Dichte der Flüssigkeit, d_D = Dampfdichte bei einer bestimmten Temperatur. Der P wird zur Klärung von Konstitutionsfragen chemischer Verbindungen verwendet.

Paradoxon n , Bezeichnung für Erscheinungen, die den oberflächlichen Erwartungen widersprechen, z. B. \rightarrow hydrodynamisches P , hydrostatisches P .

Paraffin, ein Kohlenwasserstoffgemisch, das vorwiegend aus den Verbindungen $C_{20}H_{42}$ bis $C_{30}H_{62}$ besteht. Es stellt meist eine wachsähnliche Masse dar, die geruchlos, geschmacklos, ungiftig und wenig bildsam ist, nicht klebt und isolierend wirkt. P ist unlöslich in Wasser, wenig löslich in Alkohol, leicht löslich in Benzin, Äther, Chloroform und Kohlendisulfid. Es wird durch Destillation aus Braunkohlenteer (Schmelzen bei Herabsetzung von Temperatur und Druck), aus Erdöl und Erdwachs gewonnen; die festen Anteile werden mit Natronlauge und Schwefelsäure gereinigt und mit Aktivkohle entfärbt. **Hartparaffin** schmilzt bei 52 bis 62 °C und wird vor allem zur Herstellung von Kerzen, Fußboden- und Lederpflegemitteln, Schmiermitteln und Wachspapier verwendet, ferner als Isoliermaterial in der Elektrotechnik und in der mikroskopischen Technik. **Weichparaffin**, dessen Schmelzpunkt bei 42 bis 44 °C liegt, dient zum Imprägnieren von Papier, zum Wachsen von Garnen, zum Tränken von Zündhölzern. P wird zur Darstellung synthetischer Fettsäuren (**Paraffinoxidation**), medizinisch für Salben und zur **Paraffinpackung** verwendet.

Paraffinöl (Vaselinöl) besteht aus einem Gemisch flüssiger Kohlenwasserstoffe (Isoalkane, Zykloalkane) und wird als feines Schmieröl, z. B. für Uhren, als Heizbadflüssigkeit, zur Herstellung von Salben und als Darmgleitmittel gegen Verstopfung verwendet.

Lit. Asinger: Chemie und Technologie der P -Kohlenwasserstoffe (2. Aufl. Berlin 1959).

Paraffine, svw. \rightarrow Alkane.

Paraffinkarbonsäuren, \rightarrow Karbonsäuren.

Paragenese, die auf dem Bildungsvorgang beruhende gesetzmäßige Vergesellschaftung von Mineralen in Lagerstätten und Gesteinen.

Paragleiter [von englisch parachute 'Fallschirm'], ein Luftfahrzeug, bei dem der Tragflügel durch ein Segel bestimmter Form ersetzt ist. Der P wurde erstmalig 1922 von R. Pfalz experimentell erprobt. Etwa 1960 wurden in den USA durch Rogallo neuere theoretische Untersuchungen und Experimente vorgenommen, die zu ersten Anwendungen führten. So wird der von ihm entwickelte **Rogallo-Flügel**, ein Gleitfallschirm aus einem zusammenlegbaren Traggerüst und zwei flexiblen Flächen, als Lande Hilfsmittel zur Rückführung von Raumflugkörpern oder Trägerstufen zur Erdoberfläche erprobt. Auch einige Fallschirmmuster sind so gestaltet, daß man damit größere Strecken durch Gleiten zurücklegen kann; dabei wurden die Erkenntnisse angewandt, die man mit den P gesammelt hat.

Paraklase, svw. \rightarrow Spalte.

Paraldehyd, trimerer \rightarrow Azetaldehyd.

Parallaxe, 1) der Winkel zwischen den von zwei verschiedenen Beobachtungsarten aus nach dem gleichen Punkt gerichteten Geraden, also der Winkel, unter dem die Verbindungslinie der beiden Orte, die Basis, von einem Beobachtungspunkt aus erscheint. Das räumliche Sehen beruht auf der unbewußten Auswertung der P der in verschiedenen Entfernungen befindlichen Gegenstände. Die Messung der P gestattet die Entfernungbestimmung unzugänglicher Orte in der Geodäsie und Astronomie. In der Astronomie bezeichnet man daher auch die Entfernung eines Gestirns als P .

In der Astronomie unterscheidet man zwischen täglicher, jährlicher und säkularer P . 1) Die **tägliche P** ist der Winkel, unter dem vom Ort des Gestirns aus die Strecke Erdmittelpunkt – Beobachtungsort erscheint. Sie ändert sich in-

folge der täglichen Bewegung des Beobachtungsortes um die Erdachse periodisch. Steht das Gestirn im Horizont des Beobachtungsortes, so erreicht die tägliche P. ihren größten Betrag (Horizontalparallaxe), steht es im Meridian, so ist die P. am kleinsten.

2) Die **jährliche P.** ist der Winkel, unter dem vom Ort des Gestirns aus die Strecke Sonne-Erde erscheint. Ein Stern erfährt infolge der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne eine periodische Verschiebung an der Himmelskugel. Befindet sich der Stern am Pol der Ekliptik, so durchläuft er einen Kreis, befindet er sich auf der Ekliptik, so durchläuft er periodisch eine kleine Gerade, dazwischen Ellipsen mehr oder minder großer Exzentrizität, wobei der Durchmesser des parallaktischen Kreises, die Größe der großen Halbachse der parallaktischen Ellipse oder die Länge der durchlaufenen Geraden von der Entfernung des Sterns abhängen.

Beträgt der Winkel, unter dem vom Stern aus die große Halbachse der Erdbahn erscheint, genau eine Bogensekunde, so bezeichnet man die Entfernung des Sterns von der Erde als Parallaxensekunde oder \rightarrow Parsec (Kurzz. pc).

3) Die **säkulare P.** entsteht infolge der Bewegung der Sonne samt dem Planetensystem im Raum relativ zu den Sternen in ihrer Umgebung als eine scheinbare Verschiebung der Sternörter an der Himmelskugel, die vom Zielpunkt der Sonnenbewegung weg gerichtet ist.

Bei Himmelskörpern, die dem Sonnensystem angehören, ist die Bestimmungsbestimmung unter Ausnutzung der täglichen P. möglich. Die auf der Erde größtmögliche Basis, der Äquatordurchmesser, reicht dazu aus. Für die Bestimmungsbestimmung bei Sternen ist diese Basis zu klein; man benutzt dann den Erdbahndurchmesser als Basis, also die jährliche P. Die säkulare P. ist nur für statistische Bestimmungsbestimmungen bei Sterngruppen geeignet. Die Sterne führen selbst auch Bewegungen im Raum aus, wodurch sich Ortsänderungen an der Himmelskugel ergeben, die sich der säkularen P. überlagern. Sind die Sternbewegungen statistisch verteilt, dann heben sie sich im Mittel wieder auf. Die Größe der parallaktischen Verschiebung ist dabei abhängig von der Entfernung der Sterngruppe und von der Länge der von der Sonne zurückgelegten Strecke im Raum, also vom Zeitraum zwischen den Beobachtungen.

Die Bestimmungsbestimmung der Sterne auf Grund von Parallaxenmessungen mit trigonometrischen Methoden bildet die Grundlage für alle anderen Bestimmungsbestimmungsmethoden. Mit modernen Meßgeräten lassen sich P.n bis etwa 0,01" messen, das entspricht einer Entfernung von 100 pc, da die Entfernung in pc gleich dem reziproken Wert der P. in Winkelsekunden ist. Noch größere Entfernungen werden auf indirekten Wegen bestimmt, doch nennt man auch diese Entfernungsangaben P.n. Die wichtigsten Methoden sind photometrischer Art; man erhält mit ihnen **photometrische P.n.** Sie beruhen auf der Beziehung zwischen der scheinbaren Helligkeit m , der absoluten Helligkeit M und der Entfernung r (gemessen in pc) eines Gestirns: $M - m = 5 - 5 \lg r$. Aus der gemessenen scheinbaren und der bekannten absoluten Helligkeit läßt sich danach die Entfernung berechnen. Wegen der immer vorhandenen interstellaren Absorption ist jedoch die gemessene scheinbare Helligkeit kleiner als ohne Absorption, die berechnete Entfernung demzufolge zu groß; sie muß in geeigneter Weise korrigiert werden. Zur Bestimmung der absoluten Helligkeit der Himmelskörper werden andere Methoden benutzt. Mit den absolut hellsten Sternen lassen sich auf diesem Wege auch die Entfernungen von extragalaktischen Sternsystemen bestimmen. Die

absolute Helligkeit eines Sternes kann z. B. spektroskopisch bestimmt werden, da aus der Stärke bestimmter Spektrallinien eines Sterns auf dessen absolute Helligkeit geschlossen werden kann; man erhält dann die **spektroskopische P.**

2) die scheinbare Verschiebung zweier in verschiedener Entfernung vom Beobachter befindlicher Gegenstände (oder Bilder), die dann auftritt, wenn der Beobachter seinen Standort seitlich verändert. Sie kann in der Meßtechnik zu Meßfehlern führen, wenn sich z. B. ein (körperlicher) Zeiger in einem gewissen Abstand über einer Skale befindet. Der **Parallaxenfehler** läßt sich vermeiden, indem in die Skale ein Spiegel eingelassen wird und bei Ablesungen der Zeiger und sein Spiegelbild zur Deckung gebracht werden. In optischen Instrumenten tritt P. auf, wenn das vom Objekt erzeugte Bild nicht in der vorgesehenen Ebene entsteht, wo sich Fadenkreuz oder Strichmarken (z. B. im Fernrohr oder Spektrometer) befinden; bei richtiger Einstellung darf bei seitlicher Verschiebung des Kopfes keine **Einstellparallaxe** entstehen.

parallel, gleichlaufend, Zeichen: \parallel . P. nennt man in der euklidischen Geometrie zwei in einer Ebene liegende Geraden (**Parallelen**), die sich nicht schneiden, d. h. im Endlichen keinen Punkt gemeinsam haben. Ebenso haben p.e Ebenen im Raum keine Gerade gemeinsam. P.e Geraden oder Ebenen haben überall den gleichen Abstand. In der euklidischen Geometrie gibt es zu jeder Geraden durch einen Punkt außerhalb von ihr genau eine Parallele (**Parallelenaxiom** von Euklid), in der \rightarrow nichteuklidischen Geometrie entweder unendlich viele (hyperbolische Geometrie) oder keine Parallelen (elliptische Geometrie).

Parallelabbau, \rightarrow Tagebau.

Parallelepipeden „**Parallelepiped** (Abb.), ein Sechseck, dessen gegenüberliegende Flächen paarweise parallel sind. Die Begrenzungsflächen sind drei Paare kongruenter Parallelogramme. Sonderformen des P.s sind das **Rhomboeder** (alle Kanten gleich lang), der **Quader** (Kanten aufeinander senkrecht), der **Würfel** (Kanten gleich lang und aufeinander senkrecht).

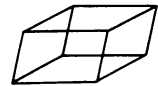
Parallelführung, ein Mechanismus, bei dem eine zwangsläufig bewegte Ebene nur Parallelverschiebungen ausführt. Die P. wird an Zeichmaschinen angewandt.

Parallelkreis, \rightarrow Breite 1).

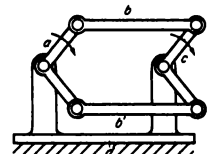
Parallelkurbel, ein aus der \rightarrow Viergelenkkette entwickeltes \rightarrow Kurbelgetriebe, bei dem die einander gegenüberliegenden Glieder gleich lang sind und parallel liegen. Die P. gehört zu den durchschlagenden Getrieben, die Hilfsverzahnungen (\rightarrow Momentanpol) benötigen oder doppelt bzw. mehrfach ausgeführt werden. Es ist gleichgültig, welches Glied zum Gestell wird. Beide Kurbeln laufen im gleichen Drehsinn mit gleicher Winkelgeschwindigkeit um. Die P. wird bei der Parallelführung (z. B. bei Zeichmaschinen) und beim Übertragen von Drehbewegungen einer Welle auf eine andere verwendet. Eine weitere P. ist die \rightarrow Antiparallelkurbel. Eine Sonderform mit nur einem Drehpunkt im Gestell ist der \rightarrow Pantograph.

Parallelogramm, ein ebenes Viereck, in dem je zwei gegenüberliegende Seiten parallel und gleich lang sind. Gegenüberliegende Winkel sind gleich groß, benachbarte Winkel sind Supplementwinkel (ergeben zusammen 180°); die Diagonalen halbieren einander und teilen das P. in je zwei kongruente Dreiecke. Der Flächeninhalt des P.s berechnet sich aus Grundlinie mal Höhe ($A = a \cdot h$). Besondere Formen sind: \rightarrow Quadrat, \rightarrow Rechteck, \rightarrow Rhombus.

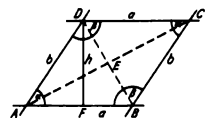
Parallelogrammsatz, in der Physik der für alle Arten von Vektoren, insbesondere Kräfte, geltende Satz, daß zwei gerichtete Größen (Kräftekomponenten) sich zu einer dritten zusammen-



Parallelepipeden

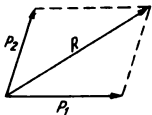


Doppelt ausgeführte Parallelkurbel. a und c Kurbeln, b und d Koppeln, d Gestell. Die eigentliche P. besteht aus den Gliedern a, b, c und d

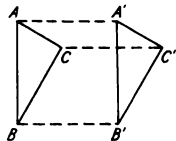


Parallelogramm. $a + b = 180^\circ$, $\overline{AE} = \overline{EC}$, $\overline{BE} = \overline{ED}$. $\triangle ABD \cong \triangle BCD$, $\triangle ABC \cong \triangle ACD$. Umfang $= 2a + 2b$, Fläche $= a \cdot h$ (Grundlinie \times Höhe) oder $a \cdot b \cdot \sin \beta$

Parallelton- verfahren



Kräfteparallelogramm. Die Kräfte P_1 und P_2 ergeben die Resultierende R



Parallelverschiebung eines Dreiecks aus der Lage ABC in die Lage $A'B'C'$

setzen lassen, die nach Richtung und Betrag die Diagonale des aus diesen gebildeten Parallelogramms ist. Sie wird **Resultierende** oder **Resultante** genannt (Abb.) und hat physikalisch dieselbe Wirkung wie beide Komponenten.

Paralleltonverfahren, ein Schaltungsverfahren bei Fernsehempfängern zur Verstärkung des Fernsehbegleittons. Dabei werden Bild und Ton in getrennten Zwischenfrequenzverstärkern verstärkt und anschließend demoduliert. Das P. wird heute nur noch bei einigen speziellen Fernsehempfängern wegen einer besseren Tonqualität angewendet; es erfordert einen höheren Aufwand als das → Intercarrierverfahren.

Parallelverschiebung, Translation, in der Geometrie eine Abbildung eines ebenen oder eines räumlichen Gebildes (bzw. des ganzen Raumes), bei der alle Punkte in ein und derselben Richtung um ein und dieselbe Strecke verschoben werden (Abb.). Die **Transformationsgleichungen** für die Verschiebung des rechtwinkligen Koordinatensystems lauten:

$$\begin{aligned} x &= x' + a & x' &= x - a \\ y &= y' + b & y' &= y - b, \end{aligned}$$

wobei x ; y die Koordinaten des ursprünglichen und x' ; y' die Koordinaten des neuen Systems sind. Eine P. ist eine spezielle → Bewegung.

paramagnetische Resonanz, svw. → Elektronenspinresonanz.

Paramagnetismus, → Magnetismus.

Parameter, 1) Physik: die in einer physikalischen Funktionsgleichung mit mindestens drei Veränderlichen konstant gehaltene Veränderliche.

2) Mathematik: a) eine unterscheidende Konstante in einer Kurven- oder Funktionenschar. Indem man die Konstante variiert, erhält man die einzelnen Kurven bzw. Funktionen der Schar. So erhält man z. B. bei Zugrundelegung eines ebenen rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystems alle Geraden durch den Nullpunkt, wenn in $y = cx$ der P. c alle möglichen Werte durchläuft; b) eine Hilfsvariable bei der Parameterdarstellung einer → Kurve oder → Fläche; c) bei den Kegelschnitten die Sehne durch den Brennpunkt senkrecht zur Hauptachse oder Achse.

Paramorphose, die physikalische → Pseudomorphose.

Pardun, → Stag.

Parax-Prozeß, → Petrochemie.

Pariser Blau, → Berliner Blau.

Parität, ein wichtiges Merkmal der Zustände von quantentheoretisch zu beschreibenden Systemen (z. B. Elementarteilchen, Atome). Die P. kennzeichnet den Symmetriecharakter der Wellenfunktion (→ Wellenmechanik) bezüglich Spiegelung an einem Punkt. Ändert die Wellenfunktion $\psi(\mathbf{r})$ ihr Vorzeichen, wenn man den Ortsvektor \mathbf{r} durch $-\mathbf{r}$ ersetzt, so spricht man von ungerader (P. -1), andernfalls von gerader P. (P. $+1$). Zum Beispiel haben ein (einfaches) Atom mit einem äußeren Elektron (Valenzelektron) und die zugehörige Wellenfunktion die P. $(-1)^l$, wobei l die Drehimpuls-Quantenzahl des Elektrons ist. Es gilt in der Atomphysik weitgehend (siehe aber unten) ein Erhaltungssatz der P.: Bei jedem Vorgang muß die P. des Gesamtsystems erhalten bleiben. Beispiel: Strahlt ein Atom der P. $+1$ ein Lichtquant aus, das die P. -1 hat, dann muß sich auch die P. des Atoms auf -1 ändern, denn $+1 = (-1) \cdot (-1)$; das entspricht der Laporteschen Regel der Spektroskopie.

Li und Yang haben 1956 bemerkt, daß in der Kernphysik der Erhaltungssatz der P. nicht immer erfüllt ist, z. B. beim radioaktiven β -Zerfall und bei Wechselwirkungen zwischen Mesonen. Es ist vermutet worden, daß statt des Erhaltungssatzes der P. ein erweiterter Erhaltungssatz gilt, der sich nicht allein auf Spiegelung

an einem Punkt bezieht; danach hat man vielmehr bei der Spiegelung des physikalischen Systems gleichzeitig von den Teilchen zu den Antiteilchen überzugehen.

Parkbahn, Zwischenbahn, eine Bahn, in der ein Raumflugkörper (→ Raumfahrt) für eine gewisse Zeit antriebslos verbleibt, bevor er durch Wiederzündung eines Triebwerkes in die endgültige Bahn gebracht wird. Dieses Startverfahren wird bei Raumsonden und Fernsatelliten häufig verwendet. Mit ihm läßt sich die gewünschte Endbahn besser und präziser, unter Umständen überhaupt erst erreichen.

Parkerisieren, → Phosphatieren.

Parkes-Verfahren, Parkesieren, ein Verfahren zur Abtrennung und Gewinnung von Edelmetallen, besonders von Silber, sowie Kupfer, Kobalt und Nickel aus Blei mittels Zinks. Aus der sich bildenden Silber-Blei-Zink-Legierung wird zunächst das Zink abdestilliert. Aus dem zurückbleibenden Reichblei werden Blei und alle anderen unedlen Metalle durch Überleiten von Luft oxydiert (Treibarbeit), so daß Silber und die anderen Edelmetalle zurückbleiben.

Parkuhr, Parkometer, eine Uhr, die zur Begrenzung der Parkzeit in verkehrsreichen Straßen der Großstädte mancher Länder aufgestellt ist. Der Kraftfahrer, der parken möchte, muß eine Münze einwerfen, wodurch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt wird. Dieses löst nach Ablauf der zulässigen Parkzeit ein optisches Signal aus, das der Polizei eine Strafanzeige ermöglicht.

Parsec, Kurz. pc, nicht gesetzliche Einheit der Länge in der Astronomie für Entfernungsangaben bei Fixsternen. Das P. ist die Entfernung, von der aus 1 astronomische Einheit unter einer Parallaxe von 1 Winkelsekunde erscheint. 1 pc = 206 264,8 AE (astronomische Einheiten) = 3,26 Lj (Lichtjahre) = $3,084 \cdot 10^{13}$ km. Kiloparsec, Kurz. kpc, = 10^3 pc. Megaparsec, Kurz. Mpc, = 10^6 pc.

Partialbrüche, Brüche, die entstehen bei der Zerlegung eines Bruches mit zusammengesetztem Nenner in eine Summe von Brüchen, deren Nenner Primzahlen oder Primzahlpotenzen sind.

Zum Beispiel ist $\frac{17}{20} = \frac{1}{2^2} + \frac{3}{5}$ eine Zerlegung von $\frac{17}{20}$ in P. Die Partialbruchzerlegung von

rationalen Funktionen einer Variablen spielt in der Integralrechnung eine wichtige Rolle.

Partialdruck, → Konzentration.

Partialsumme, → Reihe.

Partikel, svw. → Korpüskel.

parts per million, Kurz. ppm oder p.p.m. Teile auf 1 Million, in der Chemie übliche Bezeichnung zur Angabe von chemischen Bestandteilen in Lösungen u. a. 1 ppm = $1 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ = 1 mg kg^{-1} = 10^{-4} Vol. % = 10^{-4} M. %.

PAS, Abk. für → p-Aminosalicylsäure.

Pascalscher Satz, → Pappus-Satz.

Pascalsches Dreieck, eine nach dem französischen Mathematiker Pascal benannte Zusammenstellung der Binominalkoeffizienten für ganzzahlige positive Potenzen des Binoms $(a + b)^n$ in Form eines Dreiecks, → Binom.

Paschen-Serie, → Wasserstoffspektrum.

Passageinstrument, ein → astronomisches Instrument.

Paßarbeit, ein handwerksmäßiges Herstellungsverfahren für technische Gegenstände, wobei beim Zusammenbau die Einzelteile an ihr Gegenstück angepaßt werden. P. wird heute nur noch ausgeführt bei Reparaturen, bei Einzelanfertigung oder in solchen Fällen, in denen höchste Genauigkeitsanforderungen an die Passung der Teile gestellt werden. Gegensatz: → Austauschbau.

Passat, ein trockener Wind, der auf beiden Halbkugeln das ganze Jahr hindurch von den Hochdruckzellen der Roßbreiten zur äquatorialen Tief-

druckfurche gerichtet ist, aber durch die Ablenkung infolge der Corioliskraft auf der Nordhalbkugel als NO-Passat, auf der Südhalbkugel als SO-Passat weht. Diese P.e wurden früher von den Segelschiffen zur Überfahrt nach Südamerika ausgenutzt.

Paßfeder, → Feder 1).

Passivatoren, sw. → Inhibitoren.

Passivität, die Eigenschaft einiger Metalle, z. B. von Eisen, Chrom, Nickel, Blei, Aluminium und Kobalt, sich unter bestimmten Bedingungen weit weniger reaktionsfähig zu verhalten, als es ihrer Stellung in der elektrochemischen Spannungsreihe entspricht. So wird z. B. Eisen von konzentrierter Salpetersäure nicht angegriffen, obwohl es unedler als Wasserstoff ist und z. B. mit Salzsäure unter Wasserstoffentwicklung in Lösung geht. Diese **elektrochemische** oder **chemische P.** beruht auf der Bildung chemisorbierter Sauerstoffs oder von Oxidschichten, die so dünn sind, daß sie sich dem direkten Nachweis entziehen. Bei der **mechanischen P.** bilden sich dickere (einige μm starke) sichtbare Schichten schwerer angreifbarer und unlöslicher Verbindungen, die das darunter liegende Metall vor weiteren Angriffen schützen.

Paßstift, → Stift.

Passung, die Beziehung zweier zusammengefügt tolerierter (→ Toleranz) Teile (z. B. Welle und Bohrung), die sich aus dem Maßunterschied dieser beiden Teile vor dem Zusammenfügen ergibt und durch → Spiel oder → Übermaß gekennzeichnet wird. **ISA-Passungen** (→ International Organisation for Standardization) werden gebildet durch Paaren von Wellen mit Toleranzfeld h (Einheitswellen) mit Bohrungen der Toleranzfelder A bis Z oder durch Paaren von Bohrungen mit Toleranzfeld H (Einheitsbohrungen) mit Wellen der Toleranzfelder a bis zc. Dabei kann die Toleranzqualität der Welle und der Bohrung gleich oder unterschiedlich sein. Die P. wird gekennzeichnet durch das **Passungskurzzeichen**, das sich aus den Kurzzeichen für Bohrung und Welle zusammensetzt, z. B. H8 – g7. Toleranzfelder mit den Buchstaben a bis g bzw. A bis G ergeben mit der zugehörigen Einheitsbohrung (H-Bohrung) bzw. Einheitswelle (h-Welle) **Spießpassungen**, d. h. P.en, bei denen die miteinander gefügten Teile stets Spiel haben und gegeneinander beweglich sind. Die Toleranzfelder j bis m und J bis M ergeben immer fester werdende **Übergangspassungen**, bei denen vor dem Fügen der Teile je nach Lage des Istmaßes innerhalb der Werkstückgrenzmaße entweder Spiel oder Übermaß vorhanden ist. Die Toleranzfelder r bis zc und R bis ZC ergeben **Preßpassungen**, bei denen die Wellen der zu paarenden Teile vor dem Zusammenfügen stets größer sind als die Bohrungen und nach dem Zusammenfügen in ihren Paßflächen mehr oder weniger fest aufeinander sitzen. Bei den Toleranzfeldern n und p sowie N und P können in Abhängigkeit von der Qualität sowohl Übergangs- als auch Preßpassungen auftreten.

Alle P.en mit einer Einheitsbohrung bzw. einer Einheitswelle von bestimmter Qualität (z. B. H7 bzw. h7) bilden eine **Passungsfamilie**. Zweckmäßige Passungsfamilien sind in TGL 8275 Blatt 2 zusammengestellt.

Lit. → Toleranz.

Pasteurisieren, ein nach L. Pasteur benanntes Verfahren, um Lebensmittel, insbesondere Getränke (z. B. Milch), unschädlich und begrenzt haltbar zu machen. Dabei werden krankheits-erregende und zur Zersetzung führende Keime (z. B. Milchsäurebakterien, Hefepilze, Schimmelpilze, Tuberkelbakterien, jedoch nicht die hitzebeständigen Keime) durch mittlere Hitzegrade (bis 100 °C) unwirksam gemacht, aber nicht wie beim Sterilisieren abgetötet. Die mäßige Er-

wärmung erhält den Geschmacks- und Nährwert des pasteurisierten Produktes, der durch Sterilisieren verlorengeht.

Patent, im engeren Sinne ein Schutzrecht, das ein Staat für eine technische Erfindung gewährt hat, im weiteren Sinne auch die gedruckte Patentschrift, in der die patentierte Erfindung beschrieben wird. Eine patentierte Erfindung darf ohne Erlaubnis nicht gewerblich benutzt werden. Die Wirkung eines jeden P.s ist aber stets in territorialer, zeitlicher und technisch-sachlicher Hinsicht eingeschränkt. **Territorial** bleibt die Wirkung auf das Gebiet desjenigen Staates begrenzt, der das P. erteilt hat (Territorialitätsprinzip). **Zeitlich** wird die Wirkung durch die gesetzlich festgelegte maximale Laufdauer eingeschränkt, z. B. höchstens 18 Jahre in der DDR. **Technisch-sachlich** ist der Schutzbereich eines P.s durch die Patentansprüche abgesteckt.

Das Patentrecht der DDR unterscheidet zwei Patentarten, das Wirtschafts- und das Ausschließungspatent. Das **Wirtschaftspatent** (abg. **WP**) entspricht dem Bedürfnis nach möglichst breiter Benutzung der patentierten Erfindung in der Volkswirtschaft der DDR und somit den sozialistischen Produktionsverhältnissen. Die Wahl der Patentart steht dem Anmelder grundsätzlich frei. Ist die Erfindung im Zusammenhang mit der Tätigkeit des Erfinders in einem VEB, einer gleichgestellten Einrichtung oder mit staatlichen Mitteln gemacht worden, so muß ein Wirtschaftspatent angemeldet werden (notwendiges Wirtschaftspatent). Aber auch in den anderen Fällen entscheiden sich Anmelder aus der DDR und dem sozialistischen Ausland meist für das günstigere Wirtschaftspatent (frei gewähltes Wirtschaftspatent). Bei beiden Patentarten steht das Recht auf das P. dem Erfinder oder seinem Rechtsnachfolger zu. Die Erlaubnis zur gewerblichen Benutzung einer durch Wirtschaftspatent geschützten Erfindung erteilt auf Antrag das **Amt für Erfindungs- und Patentrewesen** der DDR (Kurzbezeichnung **Patentamt**). Bei einem **Ausschließungspatent** (abg. **AP**) entscheidet nur der Patentinhaber über die Benutzungsbefugnis; er kann sie durch Lizenzvertrag vollständig oder teilweise übertragen.

P.e werden nach der technischen Natur der Erfindung als **Sachpatente** (Vorrichtungen oder Schaltungen), als **Verfahrenspatente** (Arbeitsverfahren oder Herstellungsverfahren) oder als **Anwendungspatente** erteilt. Für Erfindungen auf chemischem Gebiete gelten Sonderregelungen. Hierbei dürfen nur das Herstellungsverfahren und eventuell die Anwendung patentiert werden (Stoffschutzverbot).

Für Erfindungen, die unmittelbar oder mittelbar geeignet sind, die Verteidigungsbereitschaft der DDR zu sichern oder zu erhöhen, werden **Geheimpatente** erteilt.

Alle Neuerungen unter Einschluss der Erfindungen sind grundsätzlich dem Betriebsbüro für die Neuererbewegung (abg. BfN) zu unterbreiten. Mit der Einreichung erlangt der Neuerer den innerbetrieblichen Vorrang gegenüber allen nach diesem Zeitpunkt eingereichten Vorschlägen. Schutzzfähig erscheinende Neuerungen (Erfindungen) sind durch den Betrieb unverzüglich beim Patentamt zur Erteilung eines Wirtschaftspatents anzumelden. Die Erfindung ist in den Anmeldeunterlagen vollständig und nacharbeitbar zu offenbaren. Der für die Prüfung auf Schutzzfähigkeit entscheidende Zeitraum (Anmeldepriorität) wird erst durch den Eingang der vollständig beschriebenen Erfindung beim Patentamt begründet. Für die formgerechte Abfassung der Patentanmeldung gelten die „Bestimmungen über die Erfordernisse der Patentanmeldung“ sowie die „Richtlinie zur Ausarbeitung der Be-

schreibung mit Patentansprüchen für eine Patentanmeldung". Für jede Anmeldung ist eine Anmeldegebühr nach der Gebührenvorschrift zu zahlen. Eine Erteilungsgebühr wird nicht mehr erhoben. Für jedes erteilte P. ist bei Beginn des 2. und jedes folgenden Jahres der Dauer des P.s eine Jahresgebühr zu entrichten. Für Wirtschaftspatente entfällt die Pflicht zur Zahlung der Jahresgebühren, wenn an den Erfinder oder an seinen Rechtsnachfolger eine Abfindung gezahlt worden ist.

Für jedes erteilte Patent wird eine gedruckte *Patentschrift* ausgegeben. Jede Patentschrift wird mit einer fortlaufenden Nummer versehen.

Lit. Wilke: Einführung in das Erfindungs- und Patentwesen (Leipzig 1987).

Patentieren, ein Verfahren der → Wärmebehandlung von Stahldraht und Bandstahl zum Erzielen eines für das nachfolgende Kaltformen günstigen Sorbitgefüges. Nach Erwärmen auf Härtetemperatur folgt rasches Abkühlen in einer Blei- oder Salzsäure mit 400 bis 500 °C Temperatur (Bad- bzw. Tauchpatentieren) oder an der Luft (Luftpentieren). Beim Durchlaufpatentieren wird der Werkstoff in einem Durchlauf-ofen erwärmt.

Paternoster, der Umlaufzug, → Aufzug.

Patina, **Edelrost**, ein grünlicher, an feuchter Luft entstehender Überzug auf Gegenständen aus Kupfer (z. B. Kupferdächer) oder Kupferlegierungen (besonders Bronze). Er besteht im wesentlichen aus basischem Kupfer(II)-karbonat, dem basische Sulfate und/oder Nitrate, auch Chloride beigeordnet sein können, und schützt das darunterliegende Kupfer vor weiterer Korrosion. Der P. wird auch künstlich auf Kupfer erzeugt, z. B. durch abwechselndes Eintauchen des Gegenstandes in 10%ige Ammoniumsulfatlösung und Trocknen an der Luft.

Patrizie, 1) graphische Technik: a) die Abformung einer Matrize als Gegenstück bei der Reliefprägung (→ Prägen); b) der Stahlstempel mit dem erhabenen Buchstabenbild zum Herstellen der Matrize in der Schriftgießerei.

2) Fertigungstechnik: → Matrize.

Patrone, → Geschoß.

Pattinson-Verfahren, **Pattinsonieren**, ein Verfahren zur Abtrennung und Gewinnung von Silber oder anderen Edelmetallen aus silberhaltigem Werkblei. Beim Abkühlen dieses Werkbleis scheiden sich nacheinander reines Blei und Reichblei mit einem Gehalt von 1,5 bis 2 % Silber ab. Aus dem Reichblei werden Blei und andere unedle Metalle durch Überleiten von Luft oxydiert (Treiarbeit), und das Silber bleibt zurück. Das P. ist heute durch das → Parkes-Verfahren ersetzt.

Pauli-Prinzip, **Ausschließungsprinzip**, ein von dem österreichischen Physiker W. Pauli entdecktes wichtiges Prinzip der Atomphysik. Der Zustand jedes Elektrons in einem Atom läßt sich durch 4 Quantenzahlen kennzeichnen. Das P.-P. besagt in seiner einfachsten Form, daß in einem Atom keine 2 Elektronen vorkommen können, die in allen 4 Quantenzahlen übereinstimmen. Allgemeiner kann man es so formulieren, daß in einem aus gleichartigen Teilchen bestehenden System sich keine 2 Teilchen im gleichen Zustand befinden können, sofern die betreffende Teilchenart dem P.-P. genügt. Das Verhalten der Teilchen muß dann durch die Fermi-Dirac-Statistik beschrieben werden (→ Prinzip der Nichtunterscheidbarkeit, → statistische Mechanik). Das P.-P. ermöglicht, die Gesetzmäßigkeiten des Periodensystems vom Atombau her zu verstehen.

Dem P.-P. gehorchen außer den Elektronen alle Elementarteilchen und zusammengesetzten Teilchen mit halbzahligem Spin, genauer halbzahligem Spinquantenzahl, die Fermionen. In der Betrachtungsweise der Wellenmechanik

können Gesamtheiten aus gleichen Teilchen dieser Art nur durch antisymmetrische Wellenfunktionen beschrieben werden, d. h. solche, die bei Vertauschung zweier Teilchen nur ihr Vorzeichen umkehren. Für Teilchen mit ganzzahliger Spinquantenzahl, die Bosonen, hingegen sind nur symmetrische Wellenfunktionen zugelassen, also solche, die sich bei Teilchenvertauschung überhaupt nicht ändern. Diese beiden Auswahlregeln für die Wellenfunktionen bezeichnet man als allgemeines Ausschließungsprinzip oder ebenfalls kurz als P.-P.

Pavillonbau, → Industriebau.

Pb, Symbol für → Blei.

pc, Kurzz. für → Parsec.

pcm, Kurzz. für Pondzentimeter, → Pondmeter.

PCM, → Impulsmodulation.

Pd, Symbol für → Palladium.

Pebbles-Heater-Prozess, → Kracken.

PeCeU, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Pech, eine zähflüssige bis feste und spröde klebrige, meist braun- bis schwarzgefärbte Masse, die als Rückstand bei der Destillation von Teer und Erdöl anfällt. Man unterscheidet das bei normaler Temperatur zähe **Weichpech** (Erweichungspunkt 35 bis 50 °C), das feste **Mittelpech** oder **Brikettpech** (Erweichungspunkt 60 bis 75 °C) und das spröde, leicht pulverisierbare **Hartpech** (Erweichungspunkt 75 bis 90 °C). P. dient zum Wasserdichtmachen, zur Isolierung elektrischer Kabel u. a. Bei kontinuierlich arbeitenden Destillationsapparaturen fallen Weich- oder Mittelpeche an, die vielfach als Brikettierbindemittel verwendet werden. Die Pech kann man durch Blasen mit Luft in Hartpech überführen. Durch Auflösen von P.en in schweren Teerölen gewinnt man die präparierten Teere, die als Straßen-, Stahlwerks- und Dachpappenteere sowie als Pechölmischungen zur Gewinnung von Anstrich- und Isolierlacken verwendet werden. Bei der Pechverkokung entsteht ein ascheartiges **Pechkoks**, der hauptsächlich zur Herstellung von Elektroden dient.

Pechblende, → Uranminerale.

Pechstein, ein → Gesteinsglas.

Pegel, 1) eine Einrichtung zum Ablesen oder automatischen Aufzeichnen des Wasserstandes eines Gewässers oder eines Behälters; sie muß mit dem freien Wasser in ständiger ungehinderter Verbindung stehen. Der **Lattenpegel** als die einfachste Form besteht aus imprägniertem Holz oder aus Stahl und hat eine gut sichtbare, meist verschiedenfarbige Teilung aus Emaille. Der **Schreibpegel** besteht aus einem Schwimmer und einer mit einem Diagrammbogen versehenen Schreibtrommel, die von einem Uhrwerk gedreht wird und auf der eine mit dem Schwimmer verbundene Schreibfeder laufend den Wasserstand aufzeichnet. Die Übertragung zwischen Schwimmer und Schreibfeder geschieht mechanisch oder elektrisch, selten durch Druckluft (**Druckluftpegel**). Die Lattenpegel werden im allgemeinen einmal am Tage und immer zur gleichen Stunde (7 oder 12 Uhr) abgelesen. Nur in besonderen Fällen, z. B. bei Hochwasser, werden mehrere Ablesungen vorgenommen. Fernpegel dienen der Anzeige in einer Zentrale. Die Übertragung erfolgt elektrisch.

Pegelnul ist der Nullpunkt der Teilung des P.s; seine Höhenlage, bezogen auf Höhnennul (H.N.), ist am P. angegeben und wird ständig überprüft. **Oberpegel** und **Unterpegel** liegen im Ober- und Unterwasser einer Stauanlage, einer Schiffsschleuse u. dgl. Pegel dienen auch der Beobachtung des Grundwassers (Grundwasserpegel).

2) der Logarithmus eines Verhältnisses elektrischer oder akustischer Größen, z. B. Leistungen, Spannungen, Schalldrücke (→ Schalldruckpegel).

Der P. wird je nach dem logarithmischen System in Dezibel oder Neper gemessen.

Pegmatit, ein sehr grobkörniges Ganggestein, das aus Magma in der **pegmatitischen Phase** der Differentiation entstanden ist. **Granitpegmatit**, der zum Gangfolge des Granits gehört, besteht hauptsächlich aus Quarz, Feldspat und Glimmer mit wohl ausgebildeten Kristallen. P.e sind weit verbreitet. Sie führen bauwürdige Vorräte von seltenen Leichtmetallen (Lithium in Lithionglimmer, Spodumen, Amblygonit und Beryllium in Beryllmineralen), Edelsteinen und Seltenen Erden, von Uran- und Thoriummineralen, von Feldspat und Glimmer.

pegmatitische Phase, → Differentiation.

Peilen, 1) das Bestimmen einer Richtung bzw. eines Winkels zur Bezugsrichtung. Das P. kann erfolgen 1) nach optischer Sicht nach einem am Boden befindlichen Objekt (Orientierungsmerkmal); 2) nach einem Stern oder Seezeichen mit einem → Sextant oder einem Peilkompaß (→ Kompaß); 3) nach einem am Boden befindlichen Sender (→ Funkfeuer) als → Funkpeilung oder nach einem mit einem Sender ausgerüsteten Wasser-, Luft- oder Raumfahrzeug mittels eines → Funkpeilers. Wird als Bezugsrichtung die vom Kompaß angezeigte Nordrichtung benutzt, so liegt eine **Kompaßpeilung** vor; wird als Bezugsrichtung die Richtung der Längsachse des Fahrzeuges benutzt, so liegt eine **Seitenpeilung** vor. Die von einem Fahrzeug durchgeführte Eigenpeilung (→ Funkpeilung) ist stets eine Seitenpeilung.

Eine Peilung liefert eine Standlinie, die für die → Navigation verwendet werden kann. Zwei Peilungen mit unterschiedlichen Richtungen bzw. Winkeln liefern zwei Standlinien, deren Schnittpunkt den momentanen Standort des Wasser- oder Luftfahrzeuges angibt.

2) das Messen von Wassertiefen. Es erfolgt mit dem **Peilrot**, einem Bleilot, das an einem mit Maßteilung versehenen Seil oder Draht hängt, oder mit der ebenso geteilten **Peilstange**. Die gepeilten Wassertiefen werden in **Peilplänen** zu Höhenlinien ausgewertet.

3) das Messen der Höhe von Flüssigkeiten (Treibstoff, Ballast und Frischwasser) z. B. in den Tanks der Schiffe. Jeder Tank hat ein von der Tankdecke zum Deck reichendes **Peilrohr**, durch das man einen **Peilstab** an einer Kette hinunterläßt. Nach dem Aufhören liest man die Höhe des Flüssigkeitsspiegels am Peilstab ab.

Peilrahmen, → Funkpeiler.

Pektine, weitverbreitete hochmolekulare Pflanzenstoffe mit zelluloseähnlichem Aufbau, aus denen durch Hydrolyse Galakturonsäure und Methanol entstehen. P. bilden mit Wasser Gallerten. Sie sind als Gerüstpolysaccharide in den Mittellamellen zwischen den Zellen und als Füllstoff in der primären Zellwand enthalten. Besonders reich an P.n sind fleischige Pflanzenteile, z. B. Wurzeln, Blätter und Stiele, und unreife, fleischige Früchte, z. B. Äpfel, Kirschen u. a. Als **Pektinstoffe** bezeichnet man die P. zusammen mit ihren Begleitstoffen, den Polysacchariden Araban und Galaktan. Man gewinnt P. aus pektinreichem Pflanzenmaterial (z. B. aus getrockneten Apfelfrüchten, Zuckerrübenrückständen, Zitronen- und Orangenabfällen) durch Extraktion mit Wasser, anorganischen oder organischen Säuren. P. werden in der Lebensmittelindustrie als Gellierungsmittel für Fruchtsäfte und Marmeladen sowie bei der Herstellung pharmazeutischer Präparate (Blutstillmittel) und für kosmetische Mittel verwendet.

Pelagial „n“, der Lebensraum des freien Weltmeeres und der Binnengewässer. Gegensatz: → Benthäl.

pelagisches Schleppnetz, ein → Fischfanggerät.

Pelit, ein feinkörniges Sedimentgestein, → Gestein.

Pellets, → Stückigmachen.

Peltier-Effekt, → Thermoelektrizität.

Peltonturbine, eine → Wasserturbine.

Pelz, 1) → Rauchwarenzurichtung. 2) ein aus mehreren übereinanderliegenden Floren bestehendes Vlies.

Pendel, ein Körper, der unter dem Einfluß der Schwerkraft um einen festen Punkt oder eine feste Achse außerhalb seines Schwerpunktes schwingt. Beim **mathematischen P.** wird die Masse in einem einzigen Punkt vereinigt gedacht, die an einem als gewichtslos gedachten Faden um den Drehpunkt schwingt. Bei kleinen Auslenkungen ist die Schwingungsdauer (die Zeit eines vollständigen Hin- und Herganges) mathematisch

bestimmt durch: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; l = Pendellänge,

g = Erdbeschleunigung. Hierin sind die von Galilei entdeckten Pendelgesetze enthalten: a) Die Schwingungsdauer eines P.s hängt nicht von seiner Masse, sondern lediglich von der Pendellänge ab; ein längeres P. schwingt langsamer als ein kürzeres (1. Pendelgesetz). b) Da die Erdbeschleunigung von der Lage des Ortes abhängt, hat ein und dasselbe P. an verschiedenen Orten nicht die gleiche Schwingungsdauer. Am gleichen Ort verhalten sich die Längen zweier P. wie die Quadrate der Schwingungsdauer (2. Pendelgesetz).

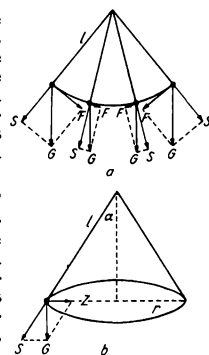
Ein **physikalisches (physisches) P.** ist jeder außerhalb des Schwerpunktes drehbar aufgehängte feste Körper. Seine Schwingungsdauer

ist $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgs}}$; J = Trägheitsmoment,

m = Masse, s = Abstand des Schwerpunktes von der Drehachse. Die Größe $l = \frac{J}{ms}$ bezeichnet man

als **reduzierte Pendellänge**. Bei dem von Huygens angegebenen **Zykloidenpendel** (Fadenpendel, dessen Faden sich beim Ausschlag an zwei seitlichen zyklidenförmigen Backen anlegt) ist die Schwingungsdauer von der Größe des Ausschlags unabhängig. Beim **Kegelpendel** bewegt sich der Schwerpunkt gleichförmig auf einem Kreis mit dem Radius r . Das am Schwerpunkt angreifende Gewicht G kann in die Zentripetalkraft $Z = m\omega^2$ (ω = Winkelgeschwindigkeit) und in die Fadenspannung S zerlegt werden. Der Faden bildet mit der Senkrechten einen Winkel α , der bestimmt ist durch $\tan \alpha = Z : G = m\omega^2 : mg = \omega^2 : g$, also unabhängig vom Betrag des Gewichts ist. Das Kegelpendel ist angewendet an Fliehkraftreglern. Bei dem **Kugelpendel** (auch sphärisches P.) bewegt sich der Schwerpunkt des Körpers auf einer Kugel. **Gekoppelte P. (Doppelpendel, sympathische P.)** sind zwei gleichartige P., die miteinander z. B. durch eine Schraubenfeder verbunden sind, so daß sich eine Schwingung von einem P. auf das andere überträgt, es zu **erzwungenen Schwingungen** anregt. Dabei unterscheidet man zwei besondere Schwingungsformen, die **Fundamentalschwingungen**: a) beide P. schwingen in gleicher Phase; b) beide P. schwingen mit entgegengesetzter Phase.

Die Hauptanwendung findet das P. als Zeitregler bei Uhren (Pendeluhr), wobei das mit gleichbleibender Schwingungsdauer hin- und hergehende P. ein Gangwerk regelmäßig freigibt und unterbricht. Das zur Erzielung eines genauen Ganges geschaffene **Kompensationspendel** besteht aus verschiedenen Metallen und behält auch bei Temperaturschwankungen eine stets gleiche Pendellänge bei, während das **Ausgleichs- oder Minimalpendel** so ausgebildet ist, daß kleine Änderungen der Pendellänge keinen merklichen Einfluß auf die Schwingungsdauer haben. Das



Pendel. a mathematisches Pendel, b Kegelpendel. Kraftzerlegung: G Gewicht, S Fadenspannung, F Kraft, die den Körper in seine Gleichgewichtslage zurückzuziehen strebt, Z Zentripetalkraft, l Pendellänge, r Radius der Kreisbahn

Reversionspendel dient zur genauen Bestimmung der Schwerkbeschleunigung. An einer Stange befinden sich zwei einander zugekehrte Schneiden und zwei Massen, die so lange verschoben werden, bis die Schwingungsdauer T bei Pendelung um jede der Schneiden dieselbe ist. Dann ist der Schneidenabstand gleich der reduzierten Pendellänge l , und die Schwerkbeschleunigung ergibt sich aus der Pendelformel zu $g = \frac{4\pi^2 \cdot l}{T^2}$.

Die Tatsache, daß ein P. seine Schwingungsebene im Raum stets beizubehalten sucht, benutzte Foucault bei seinem 1851 im Pantheon zu Paris ausgeführten Pendelversuch (*Foucaultscher Pendelversuch*), um die Drehung der Erde nachzuweisen. Hierzu ließ er einen schweren Pendelkörper zunächst im Meridian schwingen. Er beobachtete, daß das P. mit der Zeit mehr und mehr von der Meridianrichtung abwich, wobei sich die Pendelebene scheinbar im Uhrzeigersinn drehte.

Horizontalpendel sind Präzisionsgeräte zum Messen von gezeitenbedingten Schwankungen (\rightarrow Gezeiten) der Schwerkrafttrichtung. Sie bestehen aus einer senkrechten Achse, um die eine Masse horizontal schwingt und sich, sofern man die Reibung vernachlässigt, genau in Richtung der Gezeitenkräfte einstellt.

Pendelschlagwerk, \rightarrow Kerbschlagbiegeversuch. **Penicillin**, zusammenfassende Bezeichnung für Substanzen mit antibiotischer Wirkung (entdeckt von A. Fleming 1928), die von verschiedenen Schimmelpilzen (*Penicillium notatum*, *Penicillium chrysogenum* u. a.) erzeugt werden. Die P.e sind chemisch verwandte Verbindungen; ihnen ist ein kompliziertes Grundgerüst mit einem Thiazolidin- und einem Laktamring gemeinsam. Neben der biosynthetischen Gewinnung aus einem Kulturfiltrat kann man neuerdings auch halbsynthetische P.e aus 6-Aminopenicillinsäure durch Azylierung gewinnen. Die P.e haben eine enge Wirkungsbreite nur gegen Streptokokken und grampositive Bakterien, sind aber hoch wirksam und für den Menschen relativ unschädlich. Die Anwendung wird eingeschränkt durch die starke Zunahme resistenter pathogener Mikroorganismen. In der Tierernährung wirken P.e als Zusatz zu Futtermitteln wachstumsfördernd und -beschleunigend.

Lit. Elsässer: P. (Leipzig u. Jena 1955); \rightarrow Antibiotika.

Pennin, \rightarrow Chlorite 2).

Pentaerythrit, $C(CH_2OH)_4$, ein vierwertiger Alkohol. P. bildet farblose Kristalle (F. 263 °C). Technisch wird er durch Kondensation von Azetaldehyd mit Formaldehyd in wäbrig-alkalischer Lösung hergestellt. P. wird als Weichmacher verwendet. Seine Derivate dienen zur Herstellung von Kunstharzen, Waschrohstoffen und Emulgatoren.

Pentagon n, gas \rightarrow Fünfeck.

Pentamethyldiamin, ein \rightarrow Diamin.

Pentane, zu den Alkanen gehörende Kohlenwasserstoffe der allgemeinen Summenformel C_5H_{12} . Die 3 Isomeren **n-Pentan** (Kp. 36 °C), **Isopentan** (Kp. 28 °C) und **Neopentan** (Kp. 9,5 °C) sind farblose, leichtentzündliche Flüssigkeiten. Sie kommen in Erd- und Krackgasen, Naturgas und synthetischen Benzin vor und sind wichtige Kraftstoffkomponenten und ausgezeichnete Lösungsmittel für Fette, Öle und einige Harze.

Pentanol, **Amylalkohole**, einwertige Alkohole der allgemeinen Formel $C_5H_{11}OH$, von denen es 8 Isomere gibt. Außer einem festen Isomeren sind die P. farblose Flüssigkeiten. Auf den menschlichen Organismus wirken P. schädigend. P. sind in den Fuselölen bis zu 80 % enthalten. Zwei als **Gärungsamylalkohole** bezeichnete Isomere entstehen durch enzymatischen Abbau aus den Eiweißstoffen, die in stärkehaltigen Ausgangs-

materialien der alkoholischen Gärung enthalten sind, als Nebenprodukte der alkoholischen Gärung. Technisch gewinnt man P. aus bei der Fischer-Tropsch-Synthese anfallenden Produkten, aus Pentenen oder Pentanen. P. werden vielseitig als Lösungsmittel, ihre Ester als Fruchtessenzen verwendet. Die wichtigsten Derivate sind **Essigsäureamylester** (**Amylazetate**), die ebenfalls gute Lösungsmittel sind und außerdem als Geruchsstoffe in der Fruchtsaft-, Likör- und Parfümindustrie eingesetzt werden, und **Salpetrigsäureisoamylester** (**Isoamylnitrit**), der in der Medizin zur Behandlung von Angina pectoris, Asthma und Epilepsie dient.

Pentansäuren, svw. \rightarrow Valeriansäuren.

Pentene, **Amylene**, zu den Alkenen gehörende Kohlenwasserstoffe der allgemeinen Summenformel C_5H_{10} .

Pentlandit, **Eisennickelkies**, ein Mineral, das wichtigste Nickel Erz, $(Fe, Ni)_9S_8$, kubisch, bronzegelb, unregelmäßige Körner, Härte nach Mohs 3,5 bis 4, D. 4,5 bis 5 g cm $^{-3}$; kommt fast nur mit Pyrrhotin verwachsen vor. P. ist in allen liquidmagmatischen Lagerstätten des Pyrrhotins neben Kupferkies reichlich vorhanden, in kleineren Mengen in fast allen basischen Eruptivgesteinen. P. dient als Hauptquelle der Nickelgewinnung.

Pentode, eine \rightarrow Elektronenröhre.

Pentosane, aus Pentosen aufgebaute Polysaccharide. Sie sind bis zu 40 % in Getreidestroh und Kleie enthalten und bilden die Grundlage für die großtechnische Gewinnung von Furfural.

Pentosen, einfache \rightarrow Kohlenhydrate.

Pentyl..., \rightarrow Alkyl...

Peplopause, \rightarrow Atmosphäre, \rightarrow Troposphäre.

Peplos, svw. Grundschrift, \rightarrow Troposphäre.

Pepsin, ein zu den Proteasen gehörendes Ferment, das in der Magenschleimhaut enthalten ist. Im schwach sauren Medium spaltet P. Eiweißstoffe in Peptide. In der Medizin wird es als verdauungsförderndes Mittel und bei chronischem Magenkatarrh verwendet.

Peptide, Verbindungen aus zwei oder mehreren Aminosäuren, deren Karboxyl- und Aminogruppen säureamidartig miteinander verknüpft sind. Diese Bindung $-CO-NH-$ bezeichnet man als **Peptidbindung**. Je nach der Anzahl der Aminosäuren, die ein Peptid aufbauen, unterscheidet man Di-, Tri-, Tetra-, Pentapeptide usw. P. mit über 10 Aminosäurekomponenten heißen **Polypeptide**.

Die P. sind Bindeglieder zwischen Aminosäuren und Eiweißstoffen. Wie die Aminosäuren sind sie amphoter. Durch die Fermente Proteasen, durch Alkalien oder Säuren werden P. hydrolytisch zu Aminosäuren aufgespalten. Die Synthese der P. erfolgt in Stufen. Zunächst werden die Aminosäuren durch zeitweilige Blockierung der Amino- oder Karboxylgruppe einseitig reversibel geschützt, danach erfolgt die Knüpfung der Peptidbindung, indem die am Stickstoff geschützte und an der Karboxylgruppe aktivierte Komponente mit der an der Karboxylgruppe geschützten Aminosäure in Reaktion tritt. Nach Abspaltung der Schutzgruppen erhält man das Peptid.

Peptisation, Wiederauflösung eines ausgeflockten (koagulierten) Kolloids. Flüssigkeitsaufnehmende Kolloide kann man durch Lösungsmittel-zusatz oder Erwärmung peptisieren. Flüssigkeitsabweisende Kolloide lassen sich nach Zusatz leicht adsorbierbarer Ionen wieder auflösen.

Peptone, hochmolekulare Spaltprodukte aus Eiweißstoffen, die durch Einwirkung bestimmter Fermente, z. B. Pepsin, entstehen. Die P. sind durch Ammonsulfat nicht mehr aussalzbar, geben aber noch die Biuretreaktion. Man verwendet P. zur Herstellung mikrobiologischer Nährböden.

Perbunan, → Elaste, Übers.

Perchlorate, die Salze der Perchlorsäure, → Chlor.

Perfektometer, eine optische Einrichtung, die dazu dient, die Meßfläche eines Prüflings durch Reflexion eines Strichkreuzes anzutasten. Ein Strichkreuz wird durch eine Mikroskopoptik in die Meßebebene projiziert und durch ein genau gleiches, in derselben optischen Achse liegendes Mikroskop beobachtet. Wird ein in die Meßebebene gebrachter Prüfling, dessen Meßfläche parallel zur optischen Achse ausgerichtet ist, an die optische Achse herangeschoben, so wird das projizierte Strichkreuz an der Meßfläche gespiegelt. Im Gesichtsfeld des Beobachtungsmikroskops erscheint neben dem direkt projizierten Bild des Strichkreuzes das an der Meßfläche reflektierte Bild. Beide Bilder fallen nur dann aufeinander, wenn die Meßfläche des Prüflings genau in der optischen Achse der beiden Mikroskope liegt. Das P. wird vorwiegend in einem → Komparator verwendet und ist dann unter der Bezeichnung **Perfektokomparator** bekannt.

Perfol, → Plaste, Übers.

Pergamentierung, die Chemikalienbehandlung von Papier zur Herstellung von Pergamentpapier (→ Papier) und von Zellstoff zur Herstellung von → Vulfkanfaser.

Perhydrol, Wz., → Wasserstoffperoxid.

Periastron, → Apsiden.

Peridotite, svw. → Olivine.

Peridotit, ein körniges Tiefengestein ultrabasischen Charakters von grüner bis schwarzer Farbe, das aus einem großen Anteil Olivin (= Peridot) und weniger Pyroxen besteht, an dessen Stelle auch Amphibol treten kann. P.e., die nur aus Olivin bestehen, werden **Dunite** genannt, solche, die nur aus Pyroxen bestehen, **Pyroxenite**. P.e. enthalten z. T. abbauwürdige Platin- und Chromitlagerstätten. Auch der **Kimberlit**, das Muttergestein der Diamanten, das in vulkanischen Durchschlagsröhren (Pipes) auftritt, gehört zu den P.en. Die P.e. sind oft mit Gabbros verbunden und haben nur geringe Verbreitung. P. entspricht chemisch dem Ergußgestein Pikrit.

Perigäum, → Apsiden.

periglazial, **periglaziär**, svw. auf die Umgebung des Eises bezüglich. Eine p.e. Erscheinung ist z. B. die Solifluktion.

Perihel, → Apsiden.

Periklas, ein Mineral, MgO; kubisch, weiß, grau bis bräunlichgelb, Härtenach Mohs 6, D. 3,6 g cm⁻³. P. findet sich z. B. in Kontaktdolomiten von Südtirol, in Kalkauswürflingen des Vesuvus. In der Technik ist P. Hauptbestandteil der feuerfesten Magnesitsteine.

Perillaöl, → Fette und fette Öle.

Periode, 1) Mathematik: 1) eine in einem **periodischen Dezimalbruch** sich regelmäßig wiederholende bestimmte Ziffernfolge, z. B. 518 in $\frac{14}{27} = 0,518518518 \dots$ 2) in einer **periodischen**

Funktion eine feste Zahl, um die das Argument vermehrt (oder vermindert) werden kann, ohne daß sich der Wert der Funktion ändert. Die Funktion $f(x)$ der reellen Variablen x hat die P. p , wenn p die kleinste Zahl größer Null ist, für die $f(x+p) = f(x)$ gilt. Die Funktion $f(x) = \sin x$ z. B. hat die P. 2π : $\sin(x+2\pi) = \sin x$. Bei Funktionen $f(z)$ der komplexen Veränderlichen z unterscheidet man einfachperiodische und doppelperiodische Funktionen.

2) Physik und Technik: der zeitliche oder räumliche Abstand zwischen zwei gleichen Zuständen in einem physikalischen System, die sich mit diesem Abstand laufend wiederholen. Ein periodischer Vorgang ist ein regelmäßig wiederkehrender Vorgang. In der Technik wird bei

Wechselstrom die Frequenz auch als **Periodenzahl** bezeichnet.

3) Chemie: → Periodensystem.

Periodensystem, **P. der Elemente**, eine systematische Anordnung der chemischen Elemente. Bereits zu Beginn des 19. Jh. war versucht worden, die chemischen Elemente in ein System einzuordnen (z. B. durch Döbereiner, Pettenkofer, Odling, Beguyer de Chancourtois und Newlands). D. I. Mendelejew (1834–1907) und Lothar Meyer (1830–1895) haben 1869 unabhängig voneinander die chemischen Elemente nach steigendem Atomgewicht in einer Reihe angeordnet und fanden, daß jeweils in bestimmten Abständen Elemente mit besonders ähnlichen Eigenschaften aufeinanderfolgen. Sie teilten deshalb die gesamte Reihe in Abschnitte, die **Perioden**, und ordneten diese untereinander ein. In den so entstehenden 8 senkrechten Reihen, den **Familien**, stehen dann jeweils zwei Gruppen von Elementen mit sehr ähnlichen Eigenschaften, die man als **Haupt- und Nebengruppen** bezeichnet. Eine Anzahl von Stellen mußte für noch unentdeckte Elemente frei gelassen werden. Das Vorhandensein dieser Grundstoffe und ihre Eigenschaften sagte Mendelejew voraus; sie wurden teils in den folgenden Jahren entdeckt, wie Skandium, Gallium und Germanium, teils erst in letzter Zeit.

Unstimmigkeiten in der Reihenfolge konnten beseitigt werden, nachdem man erkannt hatte, daß nicht das Atomgewicht, sondern die Kernladungszahl oder Ordnungszahl Z die Stellung eines Elementes im P. festlegt. Man kennt z. Z. 105 chemische Elemente, die aber z. T. nicht in der Natur vorkommen, sondern künstlich dargestellt werden. Sie bilden sieben Perioden. Die zunächst empirisch vorgenommene Einteilung der Elemente in diese Perioden ist im Aufbau der Elektronenhülle aus einzelnen **Elektronenschalen** begründet, die sich wiederum gesetzmäßig aus der Quantentheorie ergeben. Es zeigt sich nämlich, daß die mit zunehmender Ordnungszahl in die Atomhülle eingebauten Elektronen sich in Schalen um den Kern anordnen. Jede Schale vermag nach dem → Pauli-Prinzip maximal $2n^2$ Elektronen aufzunehmen. Jedes neu hinzukommende Elektron lagert sich nach einem allgemeinen Stabilitätsprinzip so an, daß seine Energie möglichst klein wird. Ist durch Zutritt eines Elektrons eine Schale gefüllt, so beginnt der Aufbau der nächsten. Die einzelnen Schalen werden, von der kernnächsten an gerechnet, entweder durch ihre Hauptquantenzahlen $n = 1, 2, 3, \dots$ oder durch die Buchstaben K (für $n = 1$), L, M, ... gekennzeichnet. Die Elektronen jeder Schale können wiederum zu jeweils n Unterschalen zusammengefaßt werden, die sich durch die Nebenquantenzahlen $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$ der Elektronen unterscheiden und durch die Buchstaben s (für $l = 0$), p, d, j, ... (Bezeichnung historisch bedingt) gekennzeichnet werden.

Der Aufbau des P.s beginnt nun mit der (energetisch am niedrigsten liegenden) K-Schale. Mit dem He ist die K-Schale völlig abgeschlossen; die erste waagerechte Periode enthält also nur H und He. Mit dem Li beginnt der Aufbau der L-Schale, wobei zunächst die 2 s-, dann die 2 p-Unterschale angefüllt werden. Die L-Schale nimmt insgesamt $2 \cdot 2^2 = 8$ Elektronen auf; mit Ne ist die 8 Elemente enthaltende 2. Periode abgeschlossen. In der 3. Periode wird wieder mit 8 Elementen (Na bis Ar) die 3s- und 3p-Unterschale der M-Schale angefüllt. In der M-Schale bleiben die 10 Plätze der 3d-Elektronen zunächst frei, und mit K und Ca beginnt schon die 4. Periode und der Aufbau der N-Schale. Das bedeutet, daß den 4s-Elektronen eine niederere Energie zukommt als den 3d-Elektronen. Den 4p-Elektronen dagegen kommt eine höhere Energie zu, so daß nach Ca zunächst vom Sc bis zum Zn die M-Schale

Das Periodensystem der Elemente (Atomgewichte bezogen auf ^{12}C)

Periode	Gruppe 0	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III	Gruppe IV	Gruppe V	Gruppe VI	Gruppe VII	Gruppe VIII	H
0	0 Nn	1 H 1,00797 ± 0,00001								H
1	2 He 4,0026	3 Li 6,939	4 Be 9,0122	5 B 10,811 ± 0,003	6 C 12,0115 ± 0,00005	7 N 14,0067	8 O 15,9994 ± 0,0001	9 F 18,9984		2 He 4,0026
2	10 Ne 20,183	11 Na 22,9898	12 Mg 24,312	13 Al 26,9815	14 Si 28,086 ± 0,001	15 P 30,9738	16 S 32,064 ± 0,003	17 Cl 35,453 ± 0,001		10 Ne 20,183
3	18 Ar 39,948	19 K 39,102	20 Ca 40,08	21 Sc 44,956	22 Ti 47,90	23 V 50,942	24 Cr 51,996 ± 0,001	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,847 ± 0,003	18 Ar 39,948
4	36 Kr 83,80	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,905	40 Zr 91,22	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc 97*	44 Ru 101,07	36 Kr 83,80
5	54 Xe 131,30	55 Cs 132,905	56 Ba 137,34	57 La 138,91 58...71 ¹⁾	58...71 ¹⁾	59 Ce 140,12	60 Pr 140,907	61 Nd 144,24	62 Sm 150,35	54 Xe 131,30
6	86 Rn 222*	87 Fr 223*	88 Ra	89 Ac 90...103 ²⁾	104 Ku 260*	105				86 Rn 222*

1) Lanthanide

58 Ce 140,12	59 Pr 140,907	60 Nd 144,24	61 Pm 145*	62 Sm 150,35	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,924	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu 174,97
-----------------	------------------	-----------------	---------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	------------------	-----------------	------------------	-----------------	-----------------

2) Aktinide

90 Th 232,038	91 Pa 231*	92 U 238,03	93 Np 237*	94 Pu 244*	95 Am 243*	96 Cm 247*	97 Bk 247*	98 Cf 251*	99 Es 254*	100 Fm 253*	101 Md 258*	102 No 259*	103 Lr 260*
------------------	---------------	----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Die Elemente sind von links oben beginnend in waagerechten Reihen nach wachsender Ordnungszahl angeordnet. Die waagerechten Reihen heißen *Perioden*, die senkrechten *Gruppen*; diese sind wieder nach *Hauptgruppen* (H) und *Nebengruppen* (N) unterschieden. Die Nebengruppen treten erst von der 4. Periode an in Erscheinung. Besondere Ähnlichkeit zeigen vor allem die untereinanderstehenden Elemente gleicher Hauptgruppen. * Massenzahl des langlebigen Isotops. — Über das Element 105 waren bei Redaktionsschluss noch keine näheren Angaben bekannt.

durch Nachfüllen der 3d-Elektronen ausgebaut wird; dann erst wird vom Ga bis zum Kr die 4p-Unterschale gefüllt und damit die 4. Periode beendet. Die 10 Elemente vom Sc bis zum Zn, bei denen die Elektronenanordnung der äußersten Schale (4s) die gleiche blieb und bei denen eine zurückliegende Schale nachgefüllt wurde, bilden eine Nebengruppe im Gegensatz zu den Elementen der Hauptgruppen, bei denen jedes neu zutretende Elektron so weit außen, wie energetisch möglich, angebaut wird. Die 4. Periode enthält dadurch insgesamt 18 Elemente. Das gleiche gilt von der 5. Periode (Rb bis Xe); auch sie enthält eine Nebengruppe (Y bis Cd). Die 6. Periode beginnt bei Cs und Ba mit dem Ausbau der P-Schale (6s-Elektronen), füllt dann bei La die O-Schale weiter auf (Nebengruppe), um aber gleich danach mit dem Ce noch eine Stufe tiefer die 14 *Lanthanide* (Ce bis Lu) in der N-Schale einzubauen; dann erst wird die Nebengruppe von Hf bis Hg weitergebaut; die Periode schließt dann mit Rn. Sie enthält 32 Elemente. Dasselbe Bauprinzip ist in der 7. Periode angedeutet, aber nicht voll durchgeführt, da in ihr das P. schon abbricht. Mit Fr beginnt die Hauptgruppe (Q-Schale), mit Ac die Nebengruppe (P-Schale), dann wird aber bei Th zunächst die Gruppe *Aktinide* (analog den Lanthaniden) in die O-Schale eingebaut. Das vorläufige Ende des P.s liegt bei dem Element 10

Die Periodizität in den Eigenschaften der Elemente kommt nun dadurch zustande, daß alle die Elemente chemisch ähnlich sind, die in der äußersten, nicht abgeschlossenen Schale die gleiche Elektronenanordnung aufweisen. Das sind vor allem die untereinanderstehenden Elemente der Hauptgruppen. Die Edelgase bilden die nullte oder VIII., die Alkalimetalle und der Wasserstoff die I., die Erdalkalimetalle einschließlich Magnesium sowie Beryllium und Radium die II. Hauptgruppe; die III. Hauptgruppe bezeichnet man als Bor-Aluminium-Gruppe, die IV. als Kohlenstoff-Silizium-Gruppe, die V. als Stickstoff-Phosphor-Gruppe, die VI. als Sauerstoff-Schwefel-Gruppe, und die VII. Hauptgruppe bilden die Halogene. Die Ähnlichkeiten sind bei der I. und VIII. Hauptgruppe besonders groß. Auch die untereinanderstehenden Elemente der Nebengruppen sind jeweils sehr ähnlich. In der VIII. Nebengruppe überwiegt allerdings die Ähnlichkeit der in den einzelnen Perioden nebeneinanderstehenden Elemente die Ähnlichkeit der untereinanderstehenden. Bei den Lanthaniden und Aktiniden überwiegt ganz die Ähnlichkeit innerhalb der Gruppe, während die Verwandtschaft zu den anderen Elementen derselben Periode kaum in Erscheinung tritt, da die beiden vorangehenden Schalen aller Elemente je einer dieser Gruppen die gleiche Elektronenkonfiguration zeigen.

Diese quantentheoretische Deutung des Aufbaus des P.s bildet den Schlüssel für die Erklärung vieler Erscheinungen. Das erste Element einer Hauptgruppe weicht stets etwas von der Regel der Gruppenähnlichkeit im P. ab, indem es mehr dem darunterstehenden Element der nächsten Gruppe ähnelt als dem nächsten Element der eigenen Gruppe. So ähnelt Li dem Mg, Be dem Al usw. Diese *Schrägbeziehung* beruht darauf, daß sich die Unterschiede des Li⁺- und des Mg²⁺-Ions in der Ladung und im Radius des Ions in der Wirkung etwa kompensieren. In der Anordnung der Hauptgruppen stehen links unten die elektropositivsten Elemente, rechts oben die elektronegativen. Die Basizität der Hydroxide nimmt daher innerhalb des P.s von rechts oben nach links unten zu. Der Säurecharakter der flüchtigen Wasserstoffverbindungen in den Hauptgruppen des P.s nimmt in jeder Reihe von links nach rechts, innerhalb einer Gruppe jedoch von oben

nach unten zu. Der saure Charakter der sauerstoffhaltigen Säuren in der höchsten Wertigkeitsstufe nimmt ebenfalls von links nach rechts zu, aber innerhalb einer Gruppe von oben nach unten ab. Das Atomvolumen (Atomgewicht/Dichte) ist eine periodische Funktion der Ordnungszahl. Die Alkalimetalle haben die größten Atomvolumina. Die Minima werden durch die Nebengruppenelemente gebildet. Innerhalb einer Gruppe des P.s nimmt das Atomvolumen zu. Die Hauptgruppenelemente bilden bevorzugt farblose Ionen, während für die Nebengruppenelemente farbige Ionen charakteristisch sind.

Peripherie, die geschlossene Begrenzungslinie irgendeiner (krümmförmig begrenzten) ebenen Fläche; im engeren Sinn die Kreislinie. **Peripheriewinkel**, → Kreis.

Peripheriegerät, ein Gerät, das der Kommunikation (Verständigung, Verbindung) eines → Rechenautomaten mit seiner Umwelt dient. Man unterscheidet zwischen Geräten der ersten und zweiten Peripherie. **Geräte der ersten Peripherie** sind mit der Zentraleinheit (Rechen-, Steuer- und Speichereinheit) durch Leitungen verbunden (*On-line-Betrieb*), z. B. Eingabe- und Ausgabeschreibmaschinen, Bedienungspult, Schnelldrucker, Kurvenschreiber, Analog-Sichtgeräte (Oszillographen), Zeichengeräte (Plotter, von englisch to plot 'graphisch darstellen'); Analog/Digital-(A/D-)Umsetzer und Digital/Analog-(D/A-)Umsetzer, Meßstellenumschalter, Lochstreifen- und Lochkarten-Leser und -Stanzer, z. T. Magnetbandeinheiten. **Geräte der zweiten Peripherie** sind nur über den Menschen als Zwischenglied mit der Zentraleinheit verbunden (*Off-line-Betrieb*), z. B. Geräte zur Datenerfassung und -aufbereitung.

Periselenum, → Apsiden.

Periskop, Sehhrohr, ein terrestrisches → Fernrohr, bei dem durch zweifache Knickung des Strahlenganges um 90° eine mehr oder weniger große Achsenversetzung erfolgt. Es kann so über ein Hindernis hinweg- oder an einem Hindernis vorbeigesehen werden, z. B. aus einem getauchten U-Boot heraus über die die Sicht behindernde Wasseroberfläche. Durch Drehung des Oberteils bei feststehendem Okular kann auch der gesamte Horizont nacheinander beobachtet werden.

Perkolieren, ein kontinuierliches Extraktionsverfahren. In besonderen Apparaten, den **Perkolatoren**, werden dabei feste Substanzen mit Lösungsmitteln behandelt.

Perl, ein → Schriftgrad.

Perlit m, 1) Metallographie: das Gefüge des technischen Eisens in eutektoider Zusammensetzung (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen, → Eutektikum) mit 0,80 % Kohlenstoff, ein Gemenge aus Ferrit und Zementit. Der Zementit kann in Streifen (streifiger oder lamellarer Zementit) oder in Körnern (körniger Zementit) fein verteilt auftreten. P. ist oberhalb 723 °C nicht beständig und geht in → Austenit über. Als **Perlitisieren** bezeichnet man eine Wärmebehandlung zur vollständigen Umwandlung des Gefüges zu P.

2) Mineralogie: saures, wasserhaltiges vulkanisches Gesteinsglas, durch zahlreiche rundliche Sprünge in Kügelchen abgesondert.

Perlon, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Perm, **Dyas**, das oberste System des Erdalters (→ System, Tab.). Für Mitteleuropa charakteristisch ist die Gliederung in zwei Abteilungen, in die untere, festländische Fazies des **Rotliegenden**, die z. T. aus dem Abtragungsschutt des im Karbon entstandenen Variszischen Gebirges besteht, und die obere, marine Fazies des **Zechsteins**; d. h., Mitteleuropa war im Unterperm Festland und wurde im Oberperm vom Zechsteinmeer überflutet. In Osteuropa wurde im P. das Gebirge des Urals aufgefaltet. Die vulkanische

Permalloy

Tätigkeit war lebhaft, das Klima in den verschiedenen Erdteilen gegensätzlich, auf der Nordhalbkugel wüstenhaft, in den Südkontinenten sehr kalt (permokarbonische Eiszeit), in einigen Gebieten mit bedeutender Kohlebildung wohl feucht. Unter den Lebewesen entwickelten sich von den Wirbeltieren besonders die Lurche und Kriechtiere. Im Zechsteinmeer lagerten sich die Stein- und Kalisalze sowie der Kupferschiefer ab.

Permalloy, eine Nickel-Eisen-Legierung mit 78,5 % Nickel und 21,5 % Eisen. P. hat hohe magnetische Anfangspermeabilität und ist schon im Erdfeld magnetisch abgesättigt. Es wird zur Herstellung spezieller Kabel für die Nachrichtenübermittlung verwendet.

Permanent-Appretur, **Permanente-Ausrüstung**, **Hochveredlung**, in der Textiltechnik die Erzeugung von permanenten, d. h. weitgehend waschbeständigen und chemisch reinigungsbeständigen Appretureffekten auf Geweben. Die verwendeten Textilhilfsmittel kann man einteilen in 1) Verbindungen, die mit der Faser reagieren; 2) Verbindungen, die beim Trocknen durch Kondensation harzartige Ablagerungen in oder auf der Faser ergeben; 3) Verbindungen, die bereits als Polymerisate in Form von wäßrigen Dispersionen oder von Lösungen in organischen Lösungsmitteln auf die Gewebe aufgebracht werden und nach der Trocknung fest auf ihnen haften. Appreturmittel der Gruppen 1) und 2), z. B. wasserlösliche Methylolverbindungen des Harnstoffs, Formale, dienen vor allem zur Knitterecht- und Krumpffreiausrüstung von Zellulosefasergeweben. Von der Art des Produktes und dessen Anwendung hängt es ab, ob eine Verbesserung der *Trockenknitterechtheit* oder der *Naßknitterechtheit* (*Wash-and-wear*, *No-iron*, *Bügelfrei-Ausrüstung*) erzielt wird. Appreturmittel der Gruppen 1), z. B. Oktadezyläthylharnstoff, oder 3), z. B. Polyäthylendispersionen, dienen zur permanenten Erhöhung der Weichheit und Glätte von Geweben und zur Verbesserung ihrer Nähfähigkeit. Für die permanentwasserabweisende Ausrüstung kommen Produkte der Gruppe 1), z. B. Chrom(III)-chloridstearat, und 2), z. B. Silikonverbindungen, in Frage. Zur Erzielung von permanenten Glanz-, Matt- und Prägeeffekten (z. B. Everglaze) werden Methylolverbindungen verwendet. Produkte zur Permanent-Flammfestausrüstung gehören zur Gruppe 1), z. B. Tetrakis-hydroxymethylphosphoniumchlorid, oder 3), z. B. Dispersionen auf Basis von Antimonoxid und hochchlorierten Kohlenwasserstoffen.

Lit. → Textilveredlung.

Permanentgrün, ein Mischpigment aus feingemahlenem Bariumsulfat und Chromoxidhydratgrün.

Permanentweiß, → Barium.

Permanganate, → Mangan.

Permeabilität, 1) Chemie: die Durchlässigkeit von → Membranen. Halbdurchlässige Stoffe bezeichnet man als **semipermeabel**.

Permeabilitäten einiger Stoffe (μ auf die absolute Permeabilität μ_0 bezogen)

Paramagnetika	μ
Luft	1,00000036
flüssiger Sauerstoff	1,0034
Zinn	1,000002
Platin	1,00027
Diamagnetika	
Stickstoff	0,9999999927
Wasser	0,999901
Quecksilber	0,999927
Wismut (max.)	0,999832

Ferromagnetika (Maximalwert)	μ
Heußlersche Legierung	80
Grauguß	600
Dynamoblech	7000
Mü-Metall	100000

2) Magnetismus: a) **relative P.**, Zeichen μ , eine physikalische Größe, die angibt, um welchen Faktor sich die magnetische Induktion durch einen bestimmten in das magnetische Feld gebrachten Stoff verändert, → Magnetisierung; b) **absolute P.** des Vakuums, → Feldkonstanten. **Perminvar**, eine Nickel-Eisen-Kobalt-Legierung mit 45 % Nickel, 30 % Eisen und 25 % Kobalt. Sie besitzt eine gleichbleibende magnetische Permeabilität und wird in der Nachrichtentechnik eingesetzt.

Permutation, → Kombinatorik.

Permutite, → Ionenaustauscher.

Peroxide, → Oxide.

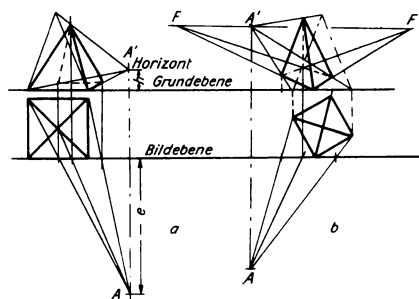
Peroxydasen, zu den Oxydoreduktasen gehörende Häminenzyme. Sie spalten Wasserstoffperoxid nach der Gleichung $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$, wobei der freiwerdende atomare Sauerstoff sofort auf andere Substrate (Phenole, aromatische Amine u. a.) übertragen wird.

Perpetuum mobile. Man unterscheidet P. m. 1. und 2. Art. Das P. m. 1. **Art** ist eine Maschine, die ständig Energie abgibt, ohne daß eine entsprechende Energiemenge zugeführt wird und ohne daß sich dabei ihr Energieinhalt verringert. Sie widerspricht dem Erfahrungssatz von der Erhaltung der Energie (→ Hauptsätze der Thermodynamik) und ist daher physikalisch unmöglich. Das P. m. 2. **Art** ist eine Maschine, die unter ständiger Abkühlung der Umgebung gleicher Temperatur eine der aufgenommenen Wärmeenergie entsprechende mechanische Arbeit leistet. Sie steht zum 2. Hauptsatz der Thermodynamik in Widerspruch und ist daher ebenfalls unmöglich.

Personenkraftwagen, abg. PKW, ein Kraftwagen, der nach Bauart und Ausrüstung zur Personenbeförderung eingerichtet ist, → Kraftwagen.

Perspektive, die Darstellung räumlicher Gebilde auf einer ebenen Zeichenfläche so, wie sie einem Beschauer von einem bestimmten Punkte aus bzw. aus einer bestimmten Richtung erscheinen.

Die **Zentralperspektive** bezweckt eine räumliche Darstellung, wie sie das Auge in der Natur sieht. Sie ist eine Zentralprojektion mit dem Auge als Projektionszentrum und gibt also die scheinbare Größenabnahme eines Körpers mit der Entfernung, die von vorn nach hinten fortschreitenden Verkürzungen sowie das scheinbare Zusammenlaufen von in Wirklichkeit parallelen Linien wieder. Man zeichnet (Abb. 1) die Gegenstände im Aufriß über der Grundebene (h = Höhe der Horizontalinie über der Grundebene) und im Grundriß hinter der Bildebene (e = Abstand der Bildebene vom Standpunkt; Distanz); dann

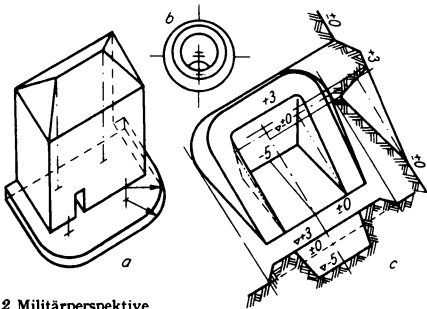


1 Zentralperspektive

verbindet man die Ecken oder die einprägsamen Punkte des Körpers mit den Augenpunkten A und A' und erhält hierbei die Durchstoßpunkte in der Projektion der Bildebene. Von diesen aus zieht man Senkrechte bis zum Schnitt mit den entsprechenden Sehlinien, die von A' ausgehen. In diesen Kreuzungsstellen liegen die gesuchten Eckpunkte des Körpers. Verlängert man die Grundlinien des so perspektivisch dargestellten Körpers nach der Horizontlinie, so erhält man links und rechts Schnittpunkte, die als Fluchtpunkte F bezeichnet werden. Sie liegen wie der Augenpunkt A' auf dem Horizont.

Die **Parallelperspektive** ist die schiefe Parallelprojektion auf eine lotrechte Bildebene. In der Abb. des Artikels → Axonometrie ist ein Würfel *isometrisch* (einmaßstäblich), *dimetrisch* (zweimaßstäblich), *trimetrisch* (dreimaßstäblich) und freiisometrisch (in **Kavalierperspektive**) dargestellt; damit der Würfel in allen vier Figuren gleich groß erscheint, sind die aus den angegebenen Kantenlängen ersichtlichen Verkürzungsverhältnisse 1:0,82, 1:0,95 usw. zu beachten. Auch diese Projektion zeigt den Gegenstand von verschiedenen Seiten zugleich.

Die **Militärperspektive** vermittelt den räumlichen Anblick aus der Höhe. Der Grundriß wird maßstäblich und unverzerrt gezeichnet. Die Höhen werden ebenfalls maßstäblich aufgetragen. Zur Veranschaulichung zeigen Abb. 2a ein Gebäude, 2b einen Brunnen mit kreisförmigen Querschnitten und 2c eine Ausschachtung mit Erdwall sowie hierzu einen Längs- und Querschnitt.



2 Militärperspektive

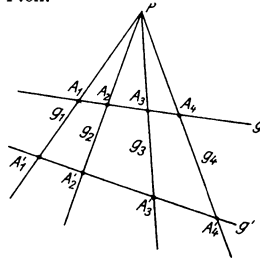
Alle **Fluchtlinien**, d. h. die Verlängerungen der rechtwinklig zur Bildebene verlaufenden Körperkanten bis zum Fluchtpunkt, laufen parallel; dadurch ist diese Darstellungsweise einfacher als die der Zentralperspektive, sie wirkt aber unnatürlicher, weil die hinteren Kanten zu lang erscheinen.

In der bildenden Kunst spielt die Verwendung perspektivischer Mittel bei räumlichen Darstellungen von jeher eine große Rolle; die exakte Zentralperspektive ist jedoch erst seit der Renaissance bekannt.

Lit. Weiner: P. (4. Aufl. Leipzig 1955); Kürth: Linearperspektive (Berlin 1955).

Perspektivität, eine spezielle projektive Abbildung. Bringt man ein Geradenbüschel in der Ebene mit dem Scheitel P zum Schnitt mit einer nicht durch P gehenden Geraden g , so nennt man die Schnittpunkte A_1, A_2, A_3, \dots *perspektiv* zu den Geraden des Büschels. Man sagt auch: Die Punkte A_1, A_2, A_3, \dots sind *perspektiv* zu den Geraden des Büschels mit dem Scheitel P und der Geraden g . Ist g' eine zweite, nicht durch P gehende Gerade, so schneidet jede Gerade des Büschels die Gerade g' in genau einem Punkt; die durch A_1 gehende Gerade des Büschels schneidet g' im Punkt A'_1 , die durch A_2 gehende

in A'_2 usw. Die beiden Punktreihen auf g und g' heißen dann *zueinander perspektiv*. Die umkehrbar eindeutige Zuordnung zwischen den Punkten A_1, A_2, \dots auf g und den Punkten A'_1, A'_2, \dots auf g' , d. h. die Abbildung von A_1 auf A'_1 , A_2 auf A'_2 , ..., nennt man eine **P.**, den Punkt P das **Perspektivitätszentrum**. Entsprechend definiert man im Raum die perspektivische Lage von Ebenen. Jede projektive Abbildung kann man zusammensetzen aus nacheinander ausgeführten P.en.



Perspektivität. g ist perspektiv zu g'

PERT, → Netzwerktechnik.

Pervverbindungen, Verbindungen, die sich von den entsprechenden namegebenden Grundverbindungen durch den erhöhten Anteil eines Bestandteils unterscheiden; z. B. weist Natriumperoxid Na_2O_2 einen erhöhten Sauerstoffanteil gegenüber Natriumoxid Na_2O auf. Die P. lassen sich in drei Hauptgruppen einteilen: 1) P., die O_2 -Gruppen enthalten und als Derivate des Wasserstoffperoxids H_2O_2 aufgefaßt werden können, z. B. die Peroxide (→ Oxide). 2) P., die Sauerstoff, aber keine O_2 -Gruppen enthalten. Hierzu gehören die anorganischen Persäuren, z. B. Perchlorsäure HClO_4 , und ihre Salze. 3) P., die keinen Sauerstoff enthalten, z. B. Strontiumpernitrid, Sr_2N_4 .

Die sauerstoffhaltigen P. sind größtenteils starke Oxydationsmittel und werden auch als solche z. T. technisch verwendet.

Perzeptron n [von englisch perception, 'Wahrnehmung'], ein technisches Modell zur Nachbildung von Wahrnehmungs- und Lernprozessen. Das P. besteht aus **Rezeptoren** (rezeptiver Bereich), die als Analog-Digital-Wandler am Eingang die aus Beobachtung eines gegebenen Umweltzustandes gewonnenen Daten in logische Variable umwandeln und zur Weiterverarbeitung bereitstellen. Die logischen Variablen werden im zentralen Bereich, in den **Assoziationseinheiten**, durch logische Verknüpfungen verarbeitet. Die Assoziationseinheiten sind über ein logisches Netzwerk mit **Effektoren** (effektorischer Bereich) verbunden. Der Zweck dieses Modells besteht darin, Bedingungen zu untersuchen, unter denen gewisse Schaltstrukturen bestimmte „Wahrnehmungsergebnisse“ einer bestimmten Klasse richtig zuordnen, also die Frage zu lösen, wie ein logisches Netzwerk beschaffen sein muß, um wahrgenommene Umweltstrukturen einer bestimmten Klasse zuzuordnen. Probleme wie das der Zeichenerkennung, der Wiedererkennung von Zeitmustern u. a. werden am P. studiert. Außerdem dient es dem Studium bestimmter Hirnfunktionen.

Pestizide, → Schädlingsbekämpfungsmittel.

Petalit, ein Mineral, $(\text{Li}, \text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$; monoklin, farblos, weiß, grau, rötlich, Härte nach Mohs 6 bis 6,5, D. $2,4 \text{ g cm}^{-3}$. P. findet sich in Granitpegmatiten; er wird wie → Amblygonit verwendet.

Petersen-Spule, → Erdschlußspule.

Petit, ein → Schriftgrad.

Petrischale, eine flache Glasschale mit senkrechtem, oben glattem Rand, die mit gleich-

geformtem, etwas größerem Glasdeckel verschlossen werden kann. P.n dienen z. B. als Gefäße für die Aufzucht von Bakterien- und Kleinpilzkulturen auf Nährböden.

Petrographie, ein Teilgebiet der → Mineralogie.

Petroläther, sehr leichtes Benzin, das durch fraktionierte Destillation des bei der Erdöldestillation anfallenden Rohbensins gewonnen wird. P. besteht vorwiegend aus Pentan und Hexan; Siedetemperatur 40 bis 70 °C; Dichte 0,55 bis 0,675 g cm⁻³. Gemische mit Luft explodieren beim Entzünden! Man verwendet P. z. B. als Extraktionsmittel zur Gewinnung von ätherischen Ölen aus Blüten und Blättern, als Lösungsmittel für Harze, Fette und Öle (z. B. auch in Fleckenentfernungsmitteln), nach besonderer Reinigung als Wundbenzin.

Petrochemie, ein Hauptgebiet der organischen Technologie, das als Rohstoffe Produkte aus Erdöl und Erdgas verwendet, also aus den in der Erdkruste vorkommenden flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen. Gegenüber der Kohlechemie und Azetylenchemie gewinnt die P. mehr und mehr an Bedeutung für die Gewinnung aliphatischer und aromatischer Rohstoffe, die die Grundlagen der gesamten organisch-technischen Chemie bilden. Die P. ist besonders wichtig für die Darstellung der Ausgangsstoffe der Chemiefaser- und Plastikindustrie. Alkane, die gesättigten Kohlenwasserstoffe, und besonders Alkene, die ungesättigten Kohlenwasserstoffe, sowie Aromaten sind die wichtigsten Verbindungsklassen der P. (Die chemisch-technische Aufbereitung des Erdöls zählt man zur → Erdölchemie.)

Alkane. Methan wird in großen Mengen zu den verschiedenartigsten Produkten verarbeitet (→ Methan). Äthan und Propan werden vor allem durch Dehydrierung in die entsprechenden Alkene überführt. n-Butan führt man hauptsächlich durch Dehydrierung in Buten und auch Butadien-(1,3) über, des weiteren durch Luftoxydation in Essigsäure, Azetaldehyd und andere Produkte. Isopentan wird durch Dehydrierung über das Isopenten in Isopren übergeführt. n-Alkane mittlerer Kettenlänge sind wichtige Rohstoffe für grenzflächenaktive Verbindungen und finden sich zu 20 % in bestimmten Erdölfraktionen. Bereits heute werden jährlich etwa 300 000 t n-Paraffine durch Selektivadsorption an Molsiebeln gewonnen (*Molex-Prozeß*, *Parex-Prozeß*). Für die Gewinnung höherer n-Alkane ist das Harnstoffadduktionsverfahren geeignet, das in der UdSSR angewendet wird.

Alkene. Äthen ist der wichtigste petrochemisch gewonnene Rohstoff. Es wird durch Dehydrierung des im Erdgas und in Raffineriegasen vorhandenen Äthans und durch Pyrolyseprozesse aus Erdölfraktionen gewonnen. In der DDR ist im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“, Werk II, die Großproduktion dieser Petrochemikalie angelaufen. Verwendung → Äthen. Das nächsthöhere Homologe, das Propen, erhält man durch Dehydrierung von Propan aus Erdgas oder aus Krackgasen höherer Erdölfraktionen. Propen ist ebenfalls Ausgangsmaterial wichtiger Verbindungen (→ Propen). Buten, das man aus dem Butan des Erdgases durch Dehydrierung erhält, ist vor allem Ausgangsmaterial für Butadien-(1,3), das zu synthetischem Kautschuk weiterverarbeitet wird. Isobuten dient zur Darstellung von Isooktan, einem hochklopfesten Treibstoff, und dem Lösungsmittel Isobutanol. Die Polymerisation ergibt Polyisobutyl, das zusammen mit 2 % Isopren polymerisiert Butylkautschuk liefert. Isopenten, das aus Isopentan durch Dehydrierung gewonnen wird, ist Ausgangsmaterial zur Darstellung von Isopren, dessen Polymerisation den Isoprenkautschuk (Methylkautschuk) liefert. Die höheren Alkene dienen als Ausgangsstoffe für

die Herstellung von Waschmitteln und Schmierstoffen.

Alkine. Einen besonders steilen Anstieg nimmt in den letzten Jahren die Gewinnung von Äthin auf petrochemischer Basis.

Aromaten. Die Aromaten, davon besonders Benzol, Toluol, Äthylbenzol und die Xylole, Naphthalin, Phenol und Kresole, werden in kleinen Mengen direkt aus Erdölschnitten bestimmter Siedebereiche, zum größten Teil aber durch → Reformieren gewonnen. Die Abtrennung der verschiedenen Aromaten von den aliphatischen Kohlenwasserstoffen erfolgt durch Solventextraktion und durch Extraktiv- und Azeotropdestillation.

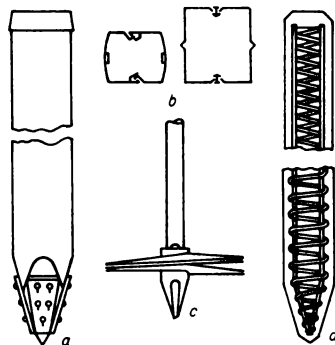
Lit. Asinger: Einführung in die P. (Berlin 1960); → Erdölchemie, → Erdöl.

Petroleum, Kerosin, eine mittlere Erdölfraktion, die bei der Topdestillation (Destillation bei Normaldruck) zwischen 150 und 270 °C erhalten wird. Der Heizwert beträgt 10 250 kcal/kg. Im ultravioletten Licht kann P. in den verschiedenen Farben fluoreszieren. P. ist mischbar mit Äther, Kohlendisulfid und Terpentinöl, aber nicht mit Alkohol. Es dient als Düsenkraftstoff, Motorenkraftstoff, vor allem für Traktoren und Wasserrfahrzeuge, als Einsatzprodukt für Krack- und Reformierungsverfahren oder, mit schweren Ölen gemischt, für Haushaltsöfener, früher insbesondere für Leuchtzwecke. Durch Raffination wird es den gewünschten Eigenschaften angepaßt. Zur Aufarbeitung der Zementrohstoffe wird es teilweise statt des Wassers verwendet. Es dient ferner als Lösungsmittel (für Schädlingsbekämpfungsmittel, zum Entrosten und Entfetten) und zur Naphthalinwäsche von Kokeisgasen.

Petrolkoks, der beim Spalten von Erdölrückständen anfallende Koks. Er ist aschearm und wird deshalb zur Herstellung von Elektroden verwendet.

pF, Kurz. für Picofarad, → Farad.

Pfahl, ein Bauteil zur Übertragung der Last eines Bauwerkes auf tiefer liegenden Baugrund. Zu diesem Zwecke werden in Reihen stehende Pfähle zu einem **Pfahlrost** (→ Gründung) vereinigt. Nach der Lastentragung unterscheidet man Druck- und Zugpfähle. Nach der Herstellung teilt man ein in Fertig- und Ortpfähle. 1) **Fertigpfähle** (Abb. 1) stellt man meist in einer Fabrik, oft aber auch auf der Baustelle her. Sie werden im allgemeinen mit einer Ramme eingetrieben (**Rammpfähle**), bei rolligem Boden auch eingespült (→ Spülverfahren) oder eingerüttelt. Fertigpfähle bestehen aus Holz, Stahl, Stahlbeton, Spannbeton oder Schleuderbeton. **Holzpfähle** aus Kiefer, Fichte, Tanne, seltener aus



1 Fertigpfähle. a Holzpfahl: oben Pfahlkopf mit Ring, unten Pfahlfuß mit Schuh; b Profile von Stahlpfählen; c stählerner Tellerschraubenpfahl; d spiralumschnürter Stahlbetonpfahl: oben innere Umschnürung, unten äußere Umschnürung

Hartholz sind bis zu 20 m lang mit einem Durchmesser von 20 bis 45 cm. Man rammt sie im allgemeinen mit dem Kopfende (Wipfel) voran ein. **Stahlpfähle** haben Rohr- oder I-Querschnitt und sind aus Walzprofilen verschiedener Form zusammengesetzt; sie werden auch mit Schraubengängen oder Tellern versehen und eingeschraubt (**Schraubenpfähle**). **Stahlbetonpfähle** und **Spannbetonpfähle** haben meist quadratischen oder rechteckigen, seltener runden oder viereckigen Querschnitt mit Stahleinlagen. Spannbetonpfähle werden unter Anwendung der verschiedenen Vorspannverfahren angefertigt. Durch die Vorspannung soll ein rißfreier Beton gewährleistet werden, der besonders in aggressivem Wasser eine höhere Lebensdauer aufweist. **Schleuderbetonpfähle** sind kreisrund und hohl. Sie haben bei einer relativ geringen Masse eine hohe Knickfestigkeit und sind daher besonders als lange Pfähle geeignet. 2) **Ortpfähle** (Abb. 2) aus Beton oder Stahlbeton werden erst an Ort und Stelle (im Boden) im Schutze von Stahlrohren hergestellt, die gebohrt, eingerammt oder eingedrückt werden. Nach Einbringung einer eventuell erforderlichen Bewehrung wird der Beton eingestampft, eingerüttelt oder eingepreßt. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit können Fußverbreiterungen angeschnitten werden. Die Rohre verbleiben im Boden oder werden wieder gezogen.

Pfahlzieher, eine Einrichtung zum Ziehen von eingerammten Pfählen oder Spundwandbohlen, die nicht mehr benötigt werden oder stören (z. B. bei Kanalverbreiterung, im U-Bahnbau). Als P. eignen sich manche Rammhären (→ Rämme), wenn sie umgekehrt aufgehängt (Dampf- oder Druckluftbären) oder anders gepolt werden (Vibrationsbären). Daneben gibt es auch spezielle, nach dem Dieselpinzprinzip arbeitende oder dampfgetriebene P.

Pfanne, ein gekrümmter → Dachziegel.

Pfeife, eine Schallquelle, bei der Luftsäulen, die durch Holz- oder Blechrohre (Resonatoren) begrenzt sind, zu Schwingungen angeregt werden. Am Ort der Erzeugung muß stets ein Schwingungsbauch sein; ist das andere Ende der P. offen, so bildet sich dort ebenfalls ein Schwingungsbauch aus, die Länge l der P. entspricht der Schallwellenlänge $\lambda/2$. Bei entsprechender Stärke des Luftstromes können im Inneren des Rohres mehr als ein Knoten entstehen, dann ist $\lambda = 2 \frac{1}{2} l$ oder $3 \frac{1}{2} l$ usw. Bei der „gedackten“ P. ist am geschlossenen Ende ein Schwingungsknoten. (Abb.)

Pfeiler, 1) Bauwesen: eine vier- oder mehrkantige Stütze aus Mauerwerk, Beton, Stahl oder Holz zum Tragen von Decken, Bogen, Gewölben, Balken und Trägern. P. sind Baukörper, deren Schlankheitsverhältnis (Höhe:Stärke) in jeder Richtung größer als 4 ist. Bei gedrungenen P.n und Säulen ist das Verhältnis Höhe:Stärke ≤ 8 ; bei schlanken P.n und Säulen > 8 und < 15 ; bei sehr schlanken P.n und Säulen > 15 .

Wandpfeiler (Pilaster) sind mit der Mauer verbunden, ebenso **Strebpfeiler** mit schräg anlaufender Seitenfläche zur Aufnahme von Schubkräften. Die Gesamtheit von Strebpfeiler und Strebebogen an einem Bauwerk nennt man **Strebewerk**. **Bündelpfeiler** sind mehrere zu einer Gruppe vereinigte P. Bei Brücken unterscheidet man nach ihrer Lage **End-** und **Mittelpfeiler** oder **Land-** und **Strompfeiler**. Statisch gesehen unterscheidet man **Tragpfeiler**, deren Standsicherheit nur gewährleistet ist, wenn Schubkräfte von zwei Seiten gleichmäßig angreifen, und **Standpfeiler**, deren Querschnitt so bemessen ist, daß auch bei einseitig angreifenden Schubkräften die Standsicherheit gegeben ist. P. sind entweder an Kopf und Fuß gelenkig gelagert (Pendelstütze) oder in das Fundament und Tragwerk eingespannt.

Im Gegensatz zum P. ist die → Säule eine walzenförmige Stütze.

2) **Bergbau**: a) ein durch Vorrichtungsbau mindestens an zwei oder drei Seiten unfahrbarer und zum Abbau vorgerichteter Lagerstättenteil. Eine oder zwei Seiten können auch vom Alten Mann gebildet sein; b) ein annähernd senkrechter oder bankrechter Lagerstättenteil zur Stützung des Daches im Abbau oder zwischen benachbarten Abbauen. Der P. kann auch zwischen benachbarten Strecken oder zwischen einer Strecke und einem Abbau (Streckenpfeiler) stehen. Er bleibt entweder nach Beendigung des Abbaus als tragender P. (**Feste**) stehen oder wird in weiteren Abbauphasen geschwächt (dann als **Bein** bezeichnet), oder er wird fast vollständig hereingewonnen, wobei die verbleibenden Restpfeiler und das Dach meist zu Bruch gehen; c) als **Sicherheitspfeiler** ein stehenbleibender Teil der Lagerstätte zum Schutz von wichtigen Grubenbauen, an Markscheiden, an Gefahrenstellen oder unter wichtigen Tagesanlagen, wie Verkehrswegen, Industrieanlagen. Sicherheitspfeiler dürfen nur ausnahmsweise und unter besonderen Bedingungen abgebaut werden.

Pferdestärke, Kurzz. **PS**, in der Technik gebräuchliche, zur Zeit noch gesetzliche Einheit der Leistung. 1 PS = 735,498 W (Watt) = 75 kpm s⁻¹ (Kilopondmeter/Sekunde).

Pferdestärkestunde, Kurzz. **PSh**, alte, nicht gesetzliche Einheit der Arbeit. 1 PSh = 2,7 · 10⁵ kpm (Kilopondmeter) = 2,648 · 10⁶ J (Joule).

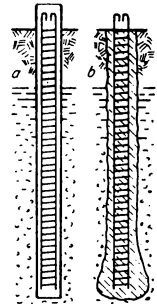
Pfette, bei Dachtragwerken (→ Binder) ein senkrecht zur Binderebene aufgelegter Träger aus Holz oder Stahl.

Pflanzenschutzgeräte, Geräte oder Maschinen (**Pflanzenschutzmaschinen**) zur Bekämpfung von Schädlingen und Unkräutern (**Schädlingsbekämpfungsgeräte**) in Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwirtschaft (Tafel 36). Nach der Anwendungsart unterscheidet man u. a. Spritz-, Sprüh-, Nebel- und Stäubegeräte. 1) **Spritzgeräte**. Sie werden als Hand-, Rücken-, Karren-, Gespann- und Motorspritzen ausgeführt. Die mit Wasser vermischten Wirkstoffe werden unter Druck durch eine Düse gepreßt und zu feinsten Tröpfchen zerstäubt ausgebracht. Die durchschnittliche Tröpfchengröße liegt zwischen 0,15 und 0,3 mm. 2) **Sprühgeräte**. Es werden Hand-, Rücken-, Karren-, Gespann-, Anhänger- und Anbausprühgeräte unterschieden. Zur Zerstäubung der Sprühflüssigkeit wird vorwiegend Luft verwendet, die gleichzeitig als Trägerstrom für die feinen Tröpfchen dient. Es wird mit geringen Wassermengen und erhöhter Sprühkonzentration gearbeitet. Die Größe der erzeugten Tröpfchen liegt zwischen 0,05 und 0,15 mm. Sprühgeräte lassen sich auch zum Stäuben verwenden. 3) **Nebelgeräte**. Man unterscheidet Kalt- und Warmnebelgeräte. Kaltnebelgeräte erzeugen die Nebelteilchen durch pneumatische Zerstäubung der Nebelflüssigkeit (→ Aerosol). Warmnebelgeräte erzeugen die Wirkstoffnebel thermisch. Die Durchmessergrößen der Tropfen liegen beim Nebeln zwischen 0,005 und 0,05 mm. 4) **Stäubegeräte**. Gebräuchlich sind Hand-, Rücken-, Karren-, Gespann-, Anhänger- und Anbaustäubegeräte. Das Stäubemittel wird durch einen künstlich erzeugten Luftstrom ausgebracht und verteilt. Die Tröpfchengröße liegt zwischen 0,01 und 0,06 mm. Die meisten Stäubegeräte eignen sich auch zum Spritzen und Sprühen. Es sind kombinierte Geräte.

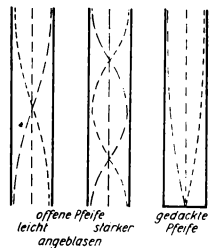
Pflanzenschutzmittel, → Schädlingsbekämpfungsmittel.

Pflanzmaschine, **Pflanzensetzmaschine**, eine halbautomatisch arbeitende Maschine zum Setzen von Gemüsepflanzen u. a. Die P.n sind ausgeführt als Traktoraufsattel- oder Traktoranbau-

Pflanzmaschine



2 Gebohrter Ortpfahl (Preßbetonpfahl): a Einbringen der Pfahlbewehrung in die abgeteufte Bohrröhre; b fertiger Preßbetonpfahl, Bohrohr gezogen

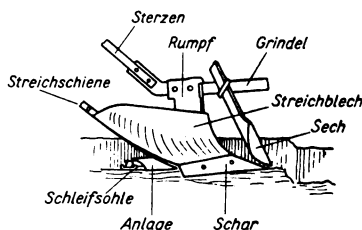


Schwingungsformen in Pfeifen

maschinen. Als *Pflanzorgane* werden verwendet: paarweise angeordnete, elastische, rotierende *Stahl- oder Kunststoffpflanzscheiben*, rotierende *Greiferarme* verschiedener Ausführung oder senkrecht umlaufende, mit Greifern versehene endlose *Pflanzketten*. In die Pflanzorgane werden die Pflanzen von mitfahrenden Arbeitskräften (in der Regel je Pflanzreihe eine) eingelegt. Die Pflanzorgane halten die Pflanzen fest, führen sie auf ihrer Bahn mit und setzen sie in die von *Scharen* gezogenen Furchen. *Druckrollen* drücken seitlich die Erde an die Pflanzen an. Manche P.n sind mit Vorrichtungen zum Angießen der ausgesetzten Pflanzen versehen.

Pflug (Tafel 38), ein Bodenbearbeitungsgerät zum Wenden, Lockern und Mischen des Bodens. Nach der Werkzeugart werden Schar- und Scheibenpflüge unterschieden.

1) **Scharpflüge**. Hauptbauteile des Scharpfluges sind der *Grindel* oder *Rahmen*, der beim *Gespannpflug* mit *Sterzen* zum Führen des P.es versehen ist, und der *Pflugrumpf*, an dem der *Pflugkörper* befestigt ist. Der *Pflugkörper* trägt die eigentlichen Werkzeuge, und zwar Schar, Streichblech, Streichschiene, Anlage und Schleifsohle. Je nachdem, ob ein oder mehrere Pflugkörper vorhanden sind, spricht man von *Einschar-* (Einfurche-) pflügen oder *Mehrschar-* (Mehrfurche-) Pflügen. Vor dem Pflugkörper ist ein *Messersech* oder *Scheibensech* angebracht. Während des Pflügens trennt das *Schar* den Erdbalken horizontal (parallel zur Ackeroberfläche) in der eingestellten Tiefe ab (Furchensohle), und das *Sech* führt den vertikalen Trennschnitt aus (Furchenwand). Das *Schar* führt den abgetrennten Erdbalken dem *Streichblech* zu, das ihn anhebt und wendet, wobei *Zug-* und *Druckspannungen* im Erdbalken entstehen, die eine mehr oder weniger gute Krümelung und Durchmischung des Bodens hervorrufen. Bei bindigen Böden, die sehr schlecht zerfallen, bewirkt die *Streichschiene* als Verlängerung des Streichbleches eine bessere Wendung des Erdbalkens. Die *Anlage* hat die Aufgabe, die beim Abtrennen und Wenden entstehenden vertikalen Druck- und horizontalen Seitenkräfte aufzunehmen und den P. in seiner eingestellten Arbeitstiefe und -breite zu halten. Damit sich die Anlage nicht zu schnell abnutzt, ist an ihr die *Schleifsohle* als Verschleißteil angebracht. Zur besseren Krümelung kann vor dem Pflugkörper ein zweiter, kleiner Pflugkörper, der *Vorschäler*, angebracht sein. Zum Unterpflügen von Grün- und Stallung dient der *Dunkeinleger* mit völlig abgerundetem, gewundenem Streichblech. Sonderbauformen von Scharen, wie Schnabelschar und Meißelschar, ermöglichen die Anpassung an schwere, feste und steinige Böden. Verschiedene *Pflugkörperformen* (steile Form S; steile kurze Form SK; mittelsteile Form M; liegende Form L; Wendel-Form W) gestatten eine gute Anpassung an die verschiedenen Bodenarten.



Hauptbauteile des Scharpfluges

Nach der Arbeitsweise kann man die Scharpflüge in Beet- und Kehrpfüge einteilen. 1) **Beetpflüge** sind einseitig wendende Pflüge. Man unterscheidet *Gespann-* und *Traktorenbeetpflüge*.

a) Zu den *Gespannbeetpflügen* gehören der *Schwingpflug* ohne vordere Grindelaufgabe; der *Stelzpflug* mit vorderer Grindelabstützung durch Stelzrad oder Schleifschuh; der *Karrenpflug* mit einem von zwei Rädern unterschiedlicher Größe getragenen Vorderkarren; der *Rahmenpflug*, der an Stelle des Grindels einen von zwei Rädern und einem Stützrad getragenen Rahmen besitzt, an dem mehrere Pflugkörper gleichzeitig befestigt werden können.

b) Zu den *Traktorenbeetpflügen* gehören *Anhänge-, Aufsattel- und Anbaubeetpflüge*. *Anhängepflüge* und *Aufsattelpflüge* werden als selbständige Konstruktionseinheiten in der Regel als mehrfurchige Beetpflüge in Rahmenbauweise hergestellt. Das Einsetzen sowie Ausheben erfolgt vom Traktorsitz aus mit Hilfe von Zahnbojenautomaten, Doppelklinkenautomaten oder auch von Hydraulikzylindern, die an die Traktorhydraulikanlage angeschlossen sind. Die Pflügeräder sind luftbereift, um eine größere Transportgeschwindigkeit zu erreichen. *Anbaubeetpflüge* sind durch den Dreipunktanbau fest mit dem Traktor verbunden. Die Kraftheberanlage des Traktors bewirkt ihr Ein- bzw. Ausheben.

2) **Kehrpflüge** sind wechselseitig wendende Pflüge. Sie sind mit einem oder mehreren rechts- und ebensoviel linkswendenden Pflugkörpern ausgerüstet. a) *Gespannkehrpflüge* sind der *Unterdrehpflug* mit unter dem Grindel drehbarem *Zwillingspflugkörper* (zylindrisches Streichblech mit zwei Scharen); der *Drehpflug* mit zwei getrennten, am Grindel symmetrisch gegenüber befestigten Pflugkörpern (Grindel um 180° drehbar im Vorderkarren gelagert); der *Kipp-pflug* mit in der Mitte um die Radachse des Vorderkarrens kippbarem, an beiden Enden mit einem Pflugkörper versehenem Doppelgrindel; der *Wechselpflug* mit zwei an der Achse des Vorderkarrens angelenkten, gleich langen Grindeln mit je einem Pflugkörper.

b) *Traktorenkehrpflüge* werden hauptsächlich als *Anbaupflüge* ausgeführt, nur selten als *Anhänge-* oder *Aufsattelpflüge* in Form von *Drehpflügen*. *Anbauekehrpflüge* werden mit dem Traktor durch eine Dreipunktaufhängung fest verbunden und mit der Kraftheberanlage eingesetzt oder ausgehoben. Nach der Bauform unterscheidet man zwischen *Drehpflug*, bei dem die nach rechts und links wendenden Pflugkörper um 180° versetzt am gemeinsamen drehbaren Grindel sitzen; *Winkeldrehpflug*, bei dem die nach rechts oder links wendenden Pflugkörper um 90° versetzt am Grindel sitzen; *Wechselpflug*, der zwei getrennte Grindel hat, an dem entweder nur nach rechts oder nur nach links wendende Pflugkörper befestigt sind und bei dem sich stets nur eine Pflughälfte im Eingriff befindet; die andere wirkt als zusätzliche Belastung der Hinterachse des Traktors, wodurch eine Erhöhung des Zugvermögens des Traktors erfolgt.

II) **Scheibenpflüge** werden meist als *Traktoren-pflüge* (*Anhänge-, Anbau- und Aufsattelpflüge*) hergestellt. Die Hauptbauteile beim *Scheibenpflug* sind ebenfalls der *Grindel* oder *Rahmen* und der *Pflugrumpf*. An dem *Pflugrumpf* sitzen als Arbeitswerkzeuge schräggestellte, drehbar gelagerte, gewölbte *Stahlscheiben* mit einem Durchmesser von 550 bis 800 mm, die während der Arbeit durch Reibung im Boden rotieren. Die Abnutzung der Scheibe erfolgt an der äußersten Kante, wodurch die Schärfe der Scheiben erhalten bleibt. Abstreifer entfernen die den Scheiben anhaftende Erde und helfen, den abgetrennten Erdbalken zu wenden (Wendung nicht so stark wie beim Scharpflug). Eine Anlage zur Aufnahme der Seiten- und Vertikalkräfte ist nicht vorhanden, weshalb das schräggestellte Hinterrad diese Kräfte aufnehmen muß. Die Scheiben werden durch die Eigenmasse des P.es in den Boden

gedrückt (der Scharpflug zieht sich selbst in den Boden ein). Scheibenpflüge werden bevorzugt auf schweren, ausgetrockneten, harten und steinigten Böden eingesetzt (die Scheibe rollt über Hindernisse hinweg). Die Scheiben verursachen im Gegensatz zum Schar keine Pflugsohlenverdichtungen.

Eine besondere Form der Scheibenpflüge stellen die **Vertikalscheibenpflüge** dar, die als Scheibenschälplüge zum Stoppschalen verwendet werden. Sie sind den Scheibeneggen (\rightarrow Egge) sehr ähnlich. Die Pflugscheiben sind bei ihnen auf einer gemeinsamen Achse angebracht. Die Arbeitsbreite dieser Pflüge beträgt bis zu 5 m.

III) Außer Schar- und Scheibenpflügen gibt es noch Pflüge, die mit Spezialpflugkörpern ausgerüstet sind und für besondere Arbeiten verwendet werden. Dazu gehören **Wiesenpflüge** mit Pflugkörpern in Wendelform, **Moorpflüge** mit besonders stark gewundenem Streichblech, Weinberg- und Hopfenpflüge, Graben- und Dränpflüge, Vollumbruchpflüge u. a.

Pflugrücker, \rightarrow Gleisrückmaschine.

Pfund, Kurzz. \mathcal{P} , alte deutsche Masseinheit. Sie ist nicht mehr zulässig und durch 0,5 kg oder 500 g zu ersetzen. $1 \mathcal{P} = 0,5 \text{ kg} = 500 \text{ g}$.

Pfund-Serie, \rightarrow Wasserstoffspektrum.

ph, Kurzz. für \rightarrow Phot.

pH, \rightarrow pH-Wert.

Pharmakognosie, die Wissenschaft von den arzneilich verwendeten Drogen. Sie umfaßt die Morphologie, Anatomie und Systematik der Arzneipflanzen sowie Methoden zur Identifizierung, Reinheitsprüfung und Wertbestimmung von Drogen.

Lit. Karsten, Weber, Stahl: Lehrb. der P. für Hochschulen (Jena 1962); Moritz: Einführung in die allgemeine P. (3. Aufl. Jena 1962); Mosig: P. Ein kurzer Leitfaden der Drogenkunde, 3 Tle (Dresden u. Leipzig 1955).

Pharmakologie, im weiteren Sinne die Lehre von den Arzneimitteln (Pharmaka), im engeren Sinne die Lehre der Wirkung körperfremder und in nichtphysiologischen Mengen auch körpereigener Stoffe auf die Funktionen des lebenden Organismus sowie die Aufklärung der Ursachen und Gesetzmäßigkeiten dieser Effekte. Die Hauptmethode der P. ist der Tierversuch, danach die Untersuchung am kranken Menschen. Ein Teilgebiet der P. ist die \rightarrow Toxikologie.

Lit. Hauschild: P. und Grundlagen der Toxikologie (3. Aufl. Leipzig 1961); Hauschild u. Görisch: Einführung in die P. und Arzneiverordnungslehre (Leipzig 1963).

Pharmazie, **Arzneimittelkunde**, die Wissenschaft, die die Kenntnisse der Arzneimittelsynthese, der Arzneimittelanalyse, der arzneilich verwendeten Naturstoffe, der Arzneimittelverarbeitung, der pharmazeutischen Hilfsstoffe und der Arzneimittelgesetzgebung umfaßt.

Lit. Buděšinský u. Protiva: Synthetische Arzneimittel (Berlin 1961); Negwer: Organisch-chemische Arzneimittel und ihre Synonyma (Berlin 1961); Wagner u. Kühnstedt: Pharmazeutische Chemie (2. Aufl. Berlin 1965); Winterfeld: Praktikum der organisch-präparativen pharmazeutischen Chemie und Lehrb. der organisch-chemischen Arzneimittelanalyse (5. Aufl. Dresden u. Leipzig 1960).

Phase, 1) physikalische Chemie: in räumlich ungleichartigen, d. h. inhomogenen Stoffsystemen ein in sich homogenes, d. h. durch und durch gleichartiges und durch scharfe Trennungsflächen abgegrenztes Zustandsgebiet. Während der Aggregatzustand durch die Beweglichkeit der Einzelteilchen (frei, gleitend, unbeweglich) charakterisiert ist, sind für die Unterscheidung der P.n die Anordnung und zwischenmolekulare Kräfte maßgebend. Verschiedene Aggregatzustände entsprechen verschiedenen P.n, doch mehrere P.n können einem Aggregatzustand angehören. So bilden völlig mischbare Flüssig-

keiten, ebenso eine Lösung, also Lösungsmittel und Gelöste, oder die stets völlig mischbaren Gase eine P., die allotropen Modifikationen eines Stoffes je eine P. innerhalb eines Stoffsystems. Die **Gibbssche Phasenregel** gibt die Anzahl der frei verfügbaren Zustandsgrößen, Freiheitsgrade f , in einem Stoffsystem aus k Komponenten (Stoffen) bei p Phasen an: $f = k + 2 - p$. Beispiel: Bei einem Gas ($k = 1$, $p = 1$) ist $f = 2$, d. h. es können innerhalb gewisser Grenzen zwei Zustandsgrößen (Druck und Temperatur) beliebig gewählt werden. Bei dem System Wasser-Wasserdampf, also $k = 1$, $p = 2$, ist $f = 1$, d. h. es kann der Druck oder die Temperatur beliebig gewählt werden. Schließlich gilt für Eis-Wasser-Wasserdampf: $k = 1$, $p = 3$, also $f = 0$, d. h. dieses System ist nur bei einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur, am Tripelpunkt, im Gleichgewicht. Sind noch chemische Reaktionen möglich, so ist für k in die Phasenregel einzusetzen: Zahl der Stoffe minus Zahl der Reaktionsgleichungen. Beispiel: Das Ammoniakgleichgewicht $3 \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$. Hier ist $p = 1$ (Gasphase), $k = 3 - 1 = 2$, also $f = 3$. Es können also etwa Druck, Temperatur und die Menge an NH_3 fest vorgegeben werden, dann sind die im Gleichgewicht vorhandenen Mengen von H_2 und N_2 eindeutig bestimmt.

2) Physik: der augenblickliche Bewegungszustand bei einer Schwingung, z. B. eines Pendels, oder bei einer Welle (beobachtet an einem festen Ort); mathematisch das Argument $\omega t + \varphi$ einer harmonischen Zeitfunktion (Sinusfunktion) $x = A \sin(\omega t + \varphi)$, die die zeitlich periodische Änderung einer physikalischen Größe x beschreibt (x = Pendelauslenkung, Spannung U oder Stromstärke I eines Wechselstromes, elektrische oder magnetische Feldstärke einer elektromagnetischen Welle, A = Amplitude der Schwingung oder Welle, ω = Kreisfrequenz, t = die betrachtete Zeit; φ = Anfangsphase oder Nullphase). $\omega t + \varphi$ wird auch **Phasenwinkel** genannt. Die Differenz der Anfangsphasen zweier Schwingungen oder Wellen gleicher Frequenz heißt **Phasendifferenz** oder **Phasenverschiebung**. Beschreibt man eine Wechselspannung durch $U = U_0 \sin \omega t$ und den zugehörigen Wechselstrom durch $I = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$, dann stellt φ die Phasenverschiebung zwischen Stromstärke I und Spannung U dar; sie ist maßgebend für den \rightarrow Leistungsfaktor. Die Phasendifferenzen zweier sich überlagernder kohärenter Wellenfelder, z. B. Lichtwellen, werden auch Gangunterschiede genannt; sie bestimmen die Interferenzerscheinungen.

3) Elektrotechnik: jedes der Glieder eines Drehstromsystems. Außerdem bezeichnet man auch die Leiter eines Drehstromsystems als P.n. Beim Dreiphasensystem werden die drei Leiter, die P.n, mit den Buchstaben R, S, T und den Farben gelb, grün, violett gekennzeichnet.

4) Astronomie: die wechselnde Lichtgestalt der nicht selbstleuchtenden Himmelskörper, verursacht durch ihre wechselnde Stellung in bezug auf Erde und Sonne, z. B. beim Mond (Neumond, Vollmond usw.) und bei den Planeten. **Phasengeschwindigkeit**, die Geschwindigkeit, mit der die Phase einer fortschreitenden Welle wandert. Die P. ist gleich $\lambda \cdot f$ (λ = Wellenlänge, f = Frequenz). Ist die P. von der Wellenlänge abhängig, dann muß man zwischen P. und \rightarrow Gruppengeschwindigkeit unterscheiden. Die Brechungszahlen geben z. B. das Verhältnis der P.en an.

Phasenkontrastverfahren, in der Mikroskopie ein Verfahren zur Verbesserung des Kontrastes bei der Abbildung mikroskopischer **Phasenobjekte**. Darunter werden solche Objekte verstanden, die sich von ihrer Umgebung durch eine

geringe Differenz in der Länge des Lichtweges, die Phasendifferenz, nicht aber durch Amplitude oder Farbe unterscheiden. Diese Objekte sind bei normaler Hellfeldbeleuchtung nicht oder kaum sichtbar, sie heben sich beim P. jedoch infolge eines Eingriffs in den Strahlenverlauf deutlich vom Untergrund ab, und zwar, wenn die Objekte optisch etwas dichter als ihre Umgebung sind, bei positivem P. dunkel und bei negativem P. hell.

Beim P. wird der Vektor des am Phasenobjekt erzeugten Beugungslichtes der Lichtquelle oder der Vektor des nicht abgebeugten Lichtes in seiner Lage so verändert, daß beide Vektoren am Ort des Bildes die gleiche Lage zueinander haben wie nach Durchgang durch ein Amplitudenobjekt. Meist wird gleichzeitig auch eine Änderung des Längenverhältnisses der Vektoren durch Schwächung des nicht abgebeugten Lichtes vorgenommen, wodurch der Kontrast weiter gesteigert wird. Die nachträgliche Änderung der Lage der Lichtvektoren geschieht durch ein Phasenplättchen, das gewöhnlich in der hinteren Brennebene des Objektivs angebracht ist und durch das entweder alles vom Objekt nicht abgebeugte Licht oder alles Licht mit Ausnahme des Teiles, der das nicht abgebeugte Licht in seiner Fläche enthält, hindurchgeht. Die Phase einer der Komponenten wird beim Durchgang um 90° gedreht. Dem meist ringförmigen Phasenplättchen entspricht eine ebenfalls ringförmige Aperturbleende im Beleuchtungsapparat als Lichtquelle, deren Bild mit dem Ring des Phasenplättchens zur Deckung gebracht wird.

Das P. bietet neue Beobachtungsmöglichkeiten, vor allem an lebenden Objekten. Im Unterschied zur Dunkelfeldmikroskopie zeigt das P. meist mehr Einzelheiten im Innern der Objekte. Auch bei der Mikroskopie anorganischer Objekte wird das P. angewendet, und zwar außer im Durchlicht auch im Auflicht, z. B. zum Nachweis geringer Höhenunterschiede und der Unterschiede des Phasensprunges bei der Reflexion des Lichtes an verschiedenen metallographischen Gefüge teilen.

Phasenmodulation, → Modulation.

Phasenraum, ein abstrakter Raum, der durch die Orts- (x_i) und Impulskoordinaten (p_i) aufgespannt wird, wobei die x_i -Achse senkrecht auf der p_i -Achse für jedes i steht. Bei einer translatorischen Bewegung besteht der P. aus den 3 Ortskoordinaten und 3 zugehörigen Impulskoordinaten, allgemein aus $2f$ Koordinaten, wobei f die Anzahl der Freiheitsgrade der Bewegung angibt. Der Begriff des P. wird in der statistischen Mechanik angewandt. Man unterscheidet den P. eines Teilchens (u -Raum) oder den P. einer Gesamtheit (N -Teilchen), den r -Raum. Der u -Raum wird durch $2f$ Orts- und Impulskoordinaten aufgespannt, der r -Raum durch $2Nf$ Koordinaten, wobei N eine große Zahl ist. (In 1 cm^3 Gas sind unter Normalbedingungen $3 \cdot 10^{19}$ Moleküle enthalten.)

Phasenschieber, in der Starkstromtechnik eine Einrichtung zur Verbesserung des Leistungsfaktors (→ Kompensation). Zur Kompensation eines größeren Netzes dienen rotierende P. in Form von leerlaufenden Synchronmaschinen (→ elektrische Maschine) oder Kondensatorbatterien. Im ersten Fall kann die Blindleistung mit geringem Aufwand stetig über die Erregung der Synchronmaschine gestellt werden; im zweiten Fall müssen dazu Kondensatoren zu- oder abgeschaltet werden. Zur Kompensation eines kleinen Netzes kann an passender Stelle ein Synchronmotor eingesetzt werden, der übererregt betrieben wird. Einzelne große Asynchronmaschinen mit Schleifringläufer können relativ einfach von der Läuferseite her durch Einsatz einer Hintermaschine kompensiert werden.

Phasenspannung, Sternspannung, die Spannung zwischen einer Phase und dem Mittelpunkt oder Sternpunkt eines Mehrphasensystems.

Phasotron, → Synchrozyklotron.

Phe, Abk. für → Phenylalanin.

Phenalkyde, eine Form der → Alkydharze.

Phenanthren, $C_{14}H_{10}$, ein kondensierter aromatischer Kohlenwasserstoff aus drei Benzolringen. P. bildet farblose, glänzende, blau fluoreszierende Kristallplättchen (F. $100,5^\circ\text{C}$) und ist im Steinkohlenteer enthalten. Eine Reihe wichtiger Naturstoffe, z. B. Vitamin D, Sterine, Digitalisglykoside und einige Alkaloide, enthalten das Phenanthrengerüst. Verwendet wird P. als Ausgangsstoff für die Synthese von Arzneimitteln, Farbstoffen und Kunstharzen auf Formaldehydbasis.

Phenazinfarbstoffe, svw. → Azinfarbstoffe.

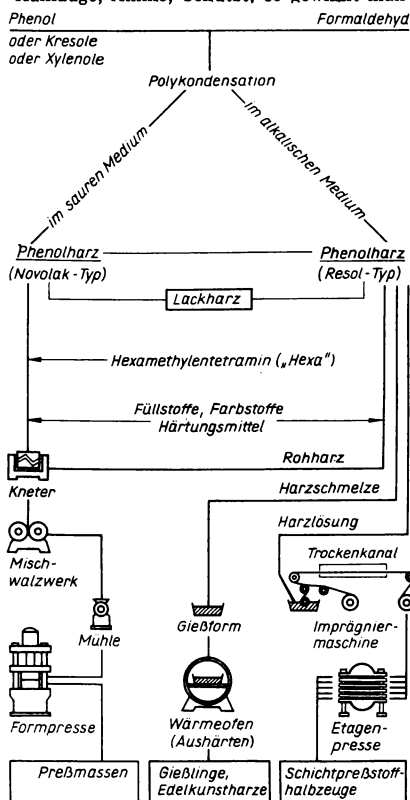
Phenol, Hydroxybenzol, C_6H_5OH , die Stammverbindung der Phenole. P. kristallisiert in farblosen, an der Luft leicht zerfließlichen, giftigen Nadeln (F. 41°C). Die wäßrige Lösung heißt **Karbolsäure**. P. hat sauren Charakter, seine Salze sind die **Phenolate**. Da das im Stein- und Braunkohlenteer sowie in Hydrierölen vorkommende P. den Bedarf der chemischen Industrie nicht decken kann, werden vor allem fünf großtechnische Verfahren zur Gewinnung angewandt: 1) Raschig-Verfahren: Benzol wird mit Salzsäure und Luft in Gegenwart von Katalysatoren in Chlorbenzol übergeführt gemäß $C_6H_6 + HCl + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow C_6H_5Cl + H_2O$. Durch Hydrolyse des Chlorbenzols entsteht P.: $C_6H_5Cl + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + HCl$. 2) Hydrolyse von Chlorbenzol mit Natronlauge bei 360°C und 350 at: $C_6H_5Cl + NaOH \rightarrow C_6H_5OH + NaCl$. 3) Kumol-Phenol-Verfahren: Kumol wird zu Kumolhydroperoxid oxydiert, das mittels Schwefelsäure zu P. und Azeton gespalten wird. 4) Sulfonierung von Benzol und anschließende Alkalischmelze der gebildeten Benzenolsulfonsäure. 5) Aus Benzoesäure wird oxydativ Kohlendioxid abgespalten. Dieses Verfahren arbeitet besonders wirtschaftlich, da es von dem billigen Toluol ausgeht.

P. dient als Ausgangsprodukt zur Herstellung vieler organischer Substanzen, z. B. von Phenolharzen, α -Kapolaktam, Pikrinsäure, Farbstoffen, Arzneimitteln, Insektiziden, Holzschutzmitteln, Gerbstoffen, Weichmachern, Schmierölen und Sprengstoffen.

Phenole, aromatische Verbindungen, die eine oder mehrere Hydroxylgruppen —OH direkt am Benzolring enthalten. Je nach der Zahl dieser Gruppen unterscheidet man einwertige P. (Hydroxybenzole, z. B. das gewöhnliche Phenol und die Kresole), zweiwertige P. (Dihydroxybenzole, z. B. Brenzkatechin, Hydrochinon und Resorzin) und dreiwertige P. (Trihydroxyphenole, z. B. Pyrogallol und Phlorogluzin). Die P. sind feste Stoffe und z. T. sehr starke Protoplasmagifte. Sie bilden Salze (**Phenolate**), Ester und Äther. P. kommen in Steinkohlen-, Braunkohlen- und Holzteer, in Hydrierölen und als Grundkörper in vielen Naturprodukten vor. Die Aufbereitung phenolhaltigen Abwassers bereitet noch Schwierigkeiten. P. sind Ausgangsstoffe für Phenolharze, ferner werden sie z. B. in der Farbstoffindustrie und in der Photographie als Entwickler verwendet.

Phenolharze, Phenoplaste, Duroplaste, die durch Polykondensation von Phenolen (für hochwertige P.), Kresolen (für Schichtpreßstoffe) oder Xylenolen (für geringwertige P.) oder einem Gemisch dieser Stoffe mit Formaldehyd hergestellt werden. Je nach den gewählten Reaktionsbedingungen, wie Kondensationszeit, Mengenverhältnis, Temperatur, Katalysatorart u. a., lassen sich auf bestimmte Verwendungszwecke ausgerichtete Arten von P.n erzeugen. Wählt man das Verhält-

nis Phenolkörper : Formaldehyd = 5 : 4 und Mineralsäuren als Katalysator, so entstehen halbflüssige und weitgehend lösliche *Novolake*. Beträgt das Verhältnis Phenolkörper : Formaldehyd 1 : 1 bis 1 : 2,5 und werden alkalische Katalysatoren, z. B. Ammoniak, Natrium- oder Kalilauge, Amine, benutzt, so gewinnt man bei



Schema der Herstellung und Verarbeitung von Phenolharzen

der Polykondensation zunächst P. im A-Zustand, die man als *Resolharze* oder *Resole* bezeichnet. Sie können verpreßt, aber auch durch weiteres Erwärmen in kaum noch lösliche, schwer schmelzbare *Resitele* (B-Zustand) und schließlich in ausgehärtete, nicht mehr schmelzbare, unlösliche *Resite* (C-Zustand), die aus raumvernetzten Makromolekülen aufgebaut sind, übergeführt werden. Die Novolake werden hauptsächlich für Lack- und Imprägnierzwecke, zur Herstellung von Fußbodenbelägen und mit Füllstoffen und Härtemitteln zu Preßmassen verwendet. Der größte Teil der Harze der Stufe A oder B wird gemeinsam mit Füllstoffen in Strangpressen oder hydraulischen Pressen zu Fertigteilen, z. B. Behälter, Griffe, Gehäuse für Rundfunk- und Photoapparate und Kraftwagenkarosserien, oder zu Halbzeugen, z. B. Platten und Blöcken, verarbeitet. Aus Holzplatten, Gewebe- und Papierbahnen stellt man unter Zusatz von Resitol Schichtpreßstoffe her. Bei den zu Klebzwecken verwendeten P.n. unterscheidet man kalthärtende und hitzehärtende.

Phenolkarbonsäuren, svw. → Hydroxybenzoesäuren.

Phenolphthalein, ein Kondensationsprodukt aus Phthalsäureanhydrid und Phenol. P. bildet farblose Kristalle (F. 262 °C), die im sauren

oder neutralen Medium eine farblose, im alkalischen Medium eine karminrote Färbung ergeben. Deshalb dient P. in der Alkalimetrie als Indikator. In der Medizin wird P. als Abführmittel verwendet.

Phenothiazin, blaßgelbe Blättchen (F. 185 °C), die aus Diphenylamin und Schwefel in Gegenwart von Jod technisch hergestellt werden. P. dient zur Herstellung von Pharmazeutika und Pflanzenschutzmitteln, ferner als Antioxydans für Schmieröle.

Phenyl..., → Aryl...

β-Phenylakrylsäure, svw. → Zimtsäure.

Phenylalanin, abg. Phe, α-Amino-β-phenylpropionsäure, $C_6H_5-CH_2-CH(NH_2)-COOH$, eine essentielle Aminosäure. In Eiweißstoffen ist P. weit verbreitet, meist jedoch nur in geringen Mengen.

Phenylamin, svw. → Anilin.

Phenylanilin, svw. → Diphenylamin.

Phenylen..., → Arylen...

Phenylglykolsäure, svw. → Mandelsäure.

Phenylglyzin, Phenylglykokoll, $C_6H_5-NH-CH_2-CO_2H$, farblose Kristalle (F. 127 °C). P. entsteht aus Anilin und Chloressigsäure oder aus Anilin, Formaldehyd und Blausäure als wichtiges Zwischenprodukt bei einer Indigosynthese.

Phenylhydrazin, $C_6H_5-NH-NH_2$, farblose Kristalle (F. 20 °C) oder farbloses Öl, das unter dem Einfluß von Licht und Luft braun wird. P. reduziert sehr stark. Es ist ein Blutgift, bei empfindlichen Personen führt es auch zu schweren Ekzemen. Man verwendet es zum Nachweis von Aldehyden, Ketonen und Zuckern, mit denen es die gut kristallisierenden *Phenylhydrazone* oder *Osazone* bildet. Ferner wird es für die Synthese von Farbstoffen, Indolderivaten und Arzneimitteln verwendet.

Pheron, → Fermente.

Phlogopit, ein → Glimmer.

Phlorogluzin, 1,3,5-Trihydroxybenzol, $C_6H_3(OH)_3$, ein dreiwertiges Phenol. P. kristallisiert mit 2 Mol Kristallwasser in farblosen Blättchen (F. 113 bis 116 °C). Mit Lignin (Holzstoff) tritt in Gegenwart von Salzsäure eine purpurrote Färbung ein. P. ist Baustein vieler Naturstoffe. Man verwendet es zur Gewinnung von Farbstoffen, Kunststoffen und Arzneimitteln.

phon, Kurzz. für → Phon.

Phon, Kurzz. **phon**, Kennwort zur Kennzeichnung der Lautstärkeempfindung, die nach Barkhausen annähernd proportional der Schallintensität wächst. P. ist der zehnfache dekadische Logarithmus (Kurzz. lg) des Verhältnisses zweier Schallstärken I bzw. der zwanzigfache dekadische Logarithmus zweier Schalldrücke p :

$$\text{phon} = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \text{ wobei } I_0 \text{ und } p_0$$

für die Normalfrequenz 1000 Hz (Hertz) gelten. Bei der Hörschwelle 0 phon ist $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N m}^{-2}$ (Newton/Quadratmeter), bei der Schmerzgrenze 130 phon ist $p_0 = 20 \text{ N m}^{-2}$, bei 0 phon ist $I_0 = 10^{-16} \text{ W cm}^{-2}$ (Watt/Quadratcentimeter), bei 130 phon ist $I_0 = 10^{-4} \text{ W cm}^{-2}$. Lautstärkeunterschiede werden in Dezibel (Kurzz. dB) angegeben. 1 dB = 1 phon.

Phonolith, ein grüngaues, auch bräunliches Ergußgestein, das aus Sanidin, Nephelin (oder auch Leuzit) und meist Alkalipyroxenen besteht. Die Absonderung erfolgt in Säulen oder in dünnen, beim Anschlagen klingenden Platten. P. ist meist jüngeren Alters; er bildet oft kegelförmige Berge. Man verwendet ihn als Baustein und Schotter.

Phonon, Schallquant, ein Quasiteilchen, das den elastischen Wellen (Schallwellen) in einem Festkörper ebenso zugeordnet ist wie das Lichtquant den elektromagnetischen Wellen. Während aber Lichtquanten durch Versuche nachweisbare

und Phosphorit. Die Rohphosphate, die eine bestimmte Körnung (10 bis 15 mm) haben müssen, werden mit Hüttenkoks und Quarzsand in einem Elektroofen bei 1300 bis 1400 °C umgesetzt. Die P. u. a. enthaltenden Ofengase werden entstaubt, im Ströder-Wäscher stufenweise abgekühlt, der P. tropft flüssig herab und wird unter Wasser gesammelt.

Am Boden des Elektroofens sammelt sich Ferrophosphor, der als unerwünschte Verbindung aus dem im Beschickungsgut enthaltenen Eisen entsteht, und darüber die Schlacke. Der Ferrophosphor wird wöchentlich einmal abgestochen, die Schlacke alle 3 bis 4 Tage. Zur Gewinnung von rotem P. erhitzt man weißen P. unter Luftabschluß auf 250 °C im Autoklaven oder Drehrohrofen. Der noch enthaltene weiße P. wird durch Kochen mit NaOH herausgewaschen. Schwarzer P. wird aus weißem oder rotem unter sehr hohem Druck (12000 at) bei 200 °C oder bei Normaldruck in Gegenwart von Quecksilber als Katalysator gewonnen.

Weißer Phosphor dient zur Herstellung von Phosphorverbindungen und von Brandmitteln. Roter P. wird in der Zündholzindustrie verwendet. Das in Kernreaktoren künstlich erzeugte radioaktive Isotop ^{32}P (Radiophosphor) wird als Radioindikator eingesetzt.

Phosphorverbindungen. **Phosphortrichlorid**, PCl_3 , farblose Flüssigkeit, **Phosphorpentachlorid**, PCl_5 , weiße Kristalle, und **Phosphoroxidchlorid**, POCl_3 , farblose Flüssigkeit, diese Verbindungen rauchen an feuchter Luft und dienen in der organischen Chemie als Chlorierungsmittel; **Phosphortrioxid**, P_2O_3 , weiße, wachsähnliche, giftige Kristalle, **Phosphorpentoxid**, P_2O_5 , weiße, geruchlose, flockige, an feuchter Luft zerfließliche Masse, verwendet als Trockenmittel zur Trocknung vieler Stoffe und zur Abspaltung von Wasser aus Verbindungen; **Phosphorsäure** (genauer Orthophosphorsäure), H_3PO_4 , wasserklare, harte, hygroskopische Kristalle technisch hergestellt durch Verbrennung von weißem P. zu P_2O_5 und Umsetzung in Wasser, meist durch Zersetzung von Apatit oder Phosphorit mit Schwefelsäure, wichtiger Bestandteil der → Phosphorsäuredüngemittel, verwendet in der Zeugfärberei, Emailleindustrie, für pharmazeutische Präparate u. a., ihre Salze und Ester heißen **Phosphate**, z. B. die Kalziumphosphate (→ Kalzium); **Diphosphorsäure** (**Pyrophosphorsäure**), $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, farblose, glasartige Masse; **Metaphosphorsäure** (HPO_3), harte, glasartige Masse, ihr Natriumsalz **Natriummetaphosphat** NaPO_3 , hat in der chemischen Analytik Bedeutung als **Phosphorsalzperle**, die beim Schmelzen mit Metallsalzen charakteristische Färbungen annimmt; **Phosphorwasserstoffe**: **Phosphin**, PH_3 , farbloses, knoblauchartig riechendes, sehr giftiges Gas; **Diphosphin**, P_2H_4 , farblose Flüssigkeit, bei Zersetzung durch konzentrierte Salzsäure entsteht fester **Phosphorwasserstoff**, P_2H_4 , ein gelbes Pulver.

Phosphoreszenz, → Lumineszenz.

Phosphorit, → Apatit.

Phosphorsäure, → Phosphor.

Phosphorsäuredüngemittel, **Phosphorsäuredünger**, **Phosphordünger**, **Phosphatdünger**, Düngemittel, die als wesentlichen Bestandteil den Pflanzennährstoff Phosphorsäure enthalten, der als P_2O_5 (Phosphorpentoxid) angegeben wird. Die wichtigsten P. sind: **Superphosphat**, enthält 16,5 bis 20,5 % wasser- und zitratlösliches P_2O_5 , besteht aus einem Gemisch von 45 % primärem Kalziumphosphat $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 50 % Kalziumsulfat CaSO_4 und 5 % sonstigen Bestandteilen; **Alkalisinterphosphat**, enthält 25 bis 28 % zitronensäurelösliches P_2O_5 ; **Mg-Phosphat** (Magnesiumphosphat) enthält 18 bis 22 % zitratlösliches P_2O_5 , 12 bis 14 % Magnesiumoxid MgO , 26 bis

28 % Kalziumoxid CaO ; **Thomasphosphat** (**Thomasmehl**), enthält 15 bis 20 % zitronensäurelösliches P_2O_5 , 45 bis 55 % CaO , 12 bis 16 % Eisen(II)-oxid FeO und Eisen(III)-oxid Fe_2O_3 , 6 bis 8 % Siliziumdioxid SiO_2 , 5 bis 6 % Mangan(II)-oxid MnO , 2 bis 4 % Magnesiumoxid MgO , 1 bis 2 % Stickstofftrioxid N_2O_3 , 0,6 % Schwefel und geringe Mengen an Spurenelementen. Phosphorsäurehaltig sind ferner einige Mehrstoffdünger sowie organische Dünger, z. B. Stalldung und Knochenmehl.

In der DDR erfolgt die Herstellung der P. mit Ausnahme des Thomasphosphates, das bei der Stahlherzeugung aus phosphorhaltigen Erzen anfällt, aus eingeführten Rohphosphaten. Durch Aufschluß der Phosphaterze mit Säuren (Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, Salzsäure) oder Alkali- oder Magnesiumsalzen (Soda, Magnesiumsulfat) wird die in ihnen enthaltene unlösliche, durch die Pflanzen nicht verwertbare Phosphorsäure in wasserlösliche primäre bzw. zitrat- oder zitronensäurelösliche sekundäre und tertiäre Phosphate verwandelt. Beim Aufschluß der Rohphosphate mit Salpetersäure erhält man die **Nitrophosphate**.

Wirkung. Zur Erreichung hoher Erträge und qualitativ guter Ernteprodukte ist eine ausreichende Düngung mit P. erforderlich, da dem Phosphor in der Pflanzenernährung für alle Lebensvorgänge, besonders für die Zellbildung, größte Bedeutung zukommt. Gleichzeitig wird durch reichliche P_2O_5 -Düngung die Bodenstruktur günstig beeinflusst.

Lit. → Düngemittel.

Phosphorsäureestermittel, svw. → E-Mittel. **Phot**, Kurzz. **ph**, alte, nicht mehr zulässige Einheit für die spezifische Lichtausstrahlung bzw. für die Beleuchtungsstärke. $1 \text{ ph} = 10^4 \text{ lx (Lux)} = 1 \text{ lm cm}^{-2}$ (Lumen/Quadratcentimeter). **Milli-phot**, Kurzz. **mph**, = 10^{-3} ph .

Photochemie, ein Teilgebiet der Chemie, das chemische Reaktionen untersucht, die durch sichtbares Licht und andere elektromagnetische Strahlungen ausgelöst werden. Alle Reaktionen der P. sind Quantenprozesse. Die Lichtquanten werden von den Molekülen absorbiert und regen diese durch die Energiezufuhr zu Auf- oder Abbaureaktionen an. Der Zusammenhang zwischen Strahlungsquanten und Energiezufuhr wird durch die Bohrsche Frequenzbeziehung gegeben; das Verhältnis von angeregten Molekülen zu absorbierten Lichtquanten, die → Quantenausbeute, kommt im photochemischen Äquivalenzgesetz zum Ausdruck. Wichtig in der P. sind außerdem die Gesetze der Lichtabsorption von Lambert und Beer. Die wichtigste photochemische Reaktion der Technik ist die Zersetzung der Silberhalogenide in ihre Bestandteile (**Photolyse**) bei der → Photographie. Neben die klassischen photochemischen Verfahren mit lichtempfindlichen Silberhalogeniden treten für Sonderzwecke zunehmend neuere, silberfreie Verfahren, die meist auf photophysikalischer Grundlage unter Ausnutzung elektromagnetischer, elektrostatischer oder thermischer Effekte arbeiten.

Viele wesentliche Vorgänge des Pflanzenwachstums, vor allem die Assimilation, sind → Photosynthesen. Auch das Leuchten mancher Lebewesen (Bakterien, Pilze, Glühwürmchen) findet seine Erklärung in der P., es ist die Umwandlung chemischer Energie in sichtbares Licht, hervorgerufen durch Oxydation eines peptonähnlichen Stoffes durch den Luftsauerstoff.

photochemisches Äquivalenzgesetz, → Quantenausbeute.

Photodiode, ein → photoelektrisches Bauelement in Form eines Photoelementes, das mit einer Hilfsspannung (Sperrspannung) als Photo-

Photoeffekt

widerstand verwendet wird. Als Ausgangsmaterial dienen gewöhnlich Germanium oder Silizium. Die mittels Ziehtechnik erhaltenen Einkristalle zeigen je nach Art der Dotierung (Fremdstoffmischung) der Halbleitersubstanz durch Elemente der III. oder V. Gruppe des Periodensystems entweder Defekt- oder Überschuß-Elektronenleitung. Eine Änderung der Dotierung während des Ziehprozesses führt zu einer Änderung des Leitfähigkeitstyps im Einkristall, d. h., es entsteht ein $p-n$ -Übergang. Die beiden Enden des so erhaltenen Kristalls sind mit einer Spannungsquelle derart verbunden, daß der Minuspol am p -Bereich und der Pluspol am n -Bereich angeschlossen sind. Der durch die $P.$ fließende Strom wird durch die Konzentration der Defekt-elektronen im n -Bereich und der Überschuß-elektronen im p -Bereich bestimmt; er ist in weitem Bereich unabhängig von der angelegten Spannung (Sättigungsstrom). Bei Beleuchtung werden durch den inneren photoelektrischen Effekt zusätzlich Elektronen-Loch-Paare erzeugt, was zu einer Erhöhung der Konzentration der Nebenträger führt; somit wird eine Erhöhung des Stromflusses durch die $P.$ verursacht. Der bei Lichtabsorption auftretende zusätzliche Strom (Photostrom) ist der Beleuchtungsstärke streng proportional. In der praktischen Schaltungstechnik ist dagegen die starke Temperaturabhängigkeit des Photostroms zu berücksichtigen, der besonders bei Germanium-Photodioden sehr groß ist. In den Stromkreis kann ein großer Arbeitswiderstand (bis $1\text{ M}\Omega$) eingeführt werden, wodurch bei der $P.$ eine 1000fache Leistungsverstärkung gegenüber einem Photoelement erreicht werden kann. Bei der $P.$ tritt keine Stromverstärkung auf, d. h., jedes absorbierte Lichtquant kann höchstens einen Ladungsträger erzeugen, und der Photostrom resultiert nur aus dem Ladungstransport dieser photoelektrisch erzeugten Ladungsträger.

$P.n$ werden unter anderem in \rightarrow Lichtschranken sowie in allen anderen Geräten verwendet, in denen Lichtsignale in elektrische Signale umgesetzt werden sollen.

Lit. \rightarrow photoelektrische Bauelemente.

Photoeffekt, s. v. \rightarrow lichtelektrischer Effekt.

photoelastische Verfahren, Verfahren zur Untersuchung von Spannungszuständen in Werkstücken mit Hilfe von durchsichtigen Modellen, \rightarrow Spannungsoptik.

photoelektrische Bauelemente, früher **lichtelektrische Zellen**, Geräte zur Umwandlung von Lichtsignalen (Gleichlicht, Lichtschwankungen, Lichtimpulse) in elektrische Signale (Gleichstrom, Stromschwankungen, Stromimpulse) auf der Grundlage des \rightarrow lichtelektrischen Effektes. $P. B.$ sind \rightarrow Photozellen, Photovervielfacher (\rightarrow Sekundäremissionsvervielfacher), Photoelemente, \rightarrow Photowiderstände, \rightarrow Photodioden und \rightarrow Phototransistoren.

Lit. Görlich: Die lichtelektrischen Zellen, ihre Herstellung und Eigenschaften (Leipzig 1951); \rightarrow Photozelle, \rightarrow lichtelektrischer Effekt.

Photoelement, **Sperrschichtelement**, **Sperrschichtphotozelle**, ein auf der Zusammenwirkung des inneren lichtelektrischen Effektes mit dem Sperrschichteffekt (\rightarrow lichtelektrischer Effekt) beruhendes photoelektrisches Bauelement. Auf eine Unterlage wird z. B. Selen aufgedampft (Selenphotoelement, Selenzelle) oder aufgepreßt und darauf eine lichtdurchlässige Deckelektrode aus Metall (Gold) oder einem halbleitenden Material (Kadmiumoxid) aufgebracht. Durch besondere Temperaturbehandlung entsteht zwischen dem Selen und der Deckschicht eine Sperrschicht ($p-n$ -Übergang). Die in ihr und ihrer Nähe durch inneren lichtelektrischen Effekt ausgelösten Elektronen können nur in einer Richtung laufen. Dadurch erzeugt das $P.$ eine

Spannung (Photo-EMK) bzw. einen Photostrom, die direkt mit einem Instrument gemessen werden können, ohne daß eine zusätzliche Spannungsquelle (wie bei der Photozelle) benötigt wird. Durch Einlagerung kleiner Mengen von Metallen in das Selen und die Sperrschicht kann die spektrale Empfindlichkeitsverteilung (Abhängigkeit des Photostroms von der Wellenlänge des Lichtes) beeinflusst und etwa der Augempfindlichkeitskurve angepaßt oder für das infrarote Gebiet sensibilisiert werden. Die $P.e$ sind träger als die Photozellen. Zusammen mit einem Meßinstrument werden sie bei der objektiven Photometrie eingesetzt als Belichtungsmesser, Schwärzungsmesser, Beleuchtungsmesser, Photometer, aber auch z. B. in Lichtschranken.

Weitaus empfindlicher als Selenphotoelemente sind die in neuerer Zeit verwendeten **Siliziumphotoelemente** (**Siliziumzellen**, Abb.); sie werden auf Grund ihres hohen Wirkungsgrades bei Sonnenlicht (9 bis 12 %) zur Stromversorgung von kleineren Geräten verwendet, z. B. von Sendern künstlicher Erdsatelliten. Man verwendet sie ferner zur Steuerung lichtelektrischer Vorgänge.

Eine ältere Art der Sperrschichtzelle ist die Kupfer(I)-oxid-Zelle.

Lit. \rightarrow photoelektrische Bauelemente.

Photogrammetrie (Tafel 53), **Bildmessung**, ein Spezialgebiet der Geodäsie, dessen Aufgabe es ist, die Form, Größe und Lage von Objekten aus photographischen Bildern zu bestimmen. Zur Aufnahme der Bilder (\rightarrow Meßbild) dienen im allgemeinen spezielle Aufnahmegeräte (\rightarrow Meßkammer), an deren optische und geometrische Abbildungsqualität besonders hohe Anforderungen gestellt werden. Insbesondere soll die Abbildung verzeichnungsarm sein, d. h. möglichst gut einer idealen Zentralperspektive entsprechen.

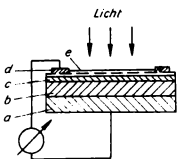
Je nachdem, ob die Aufnahme von erdfernen Standpunkten oder von Flugkörpern (z. B. Flugzeugen) aus erfolgt, unterscheidet man \rightarrow **terrestrische Photogrammetrie** (Erdbildmessung) und \rightarrow **Aerophotogrammetrie** (Luftbildmessung). Ebene Objekte werden meist durch Einzelbilder, räumlich gegliederte Objekte durch Stereobilder aufgenommen.

Zur Auswertung der Meßbilder, d. h. zur Ermittlung der Objektabmessungen aus den photographischen Abbildungen, werden im allgemeinen besondere Auswertegeräte (\rightarrow Entzerrung, \rightarrow Stereoauswertegeräte) verwendet. Die größte Bedeutung für die $P.$ haben heute die Verfahren und Geräte der **Stereophotogrammetrie**, die auf der stereoskopischen Auswertung von Meßbildern basieren (\rightarrow stereoskopisches Messen).

Hauptanwendungsgebiet der $P.$ ist die Herstellung von topographischen Karten mittels \rightarrow Luftbildern, wobei ein großer Teil der zur Auswertung benötigten Festpunkte ebenfalls durch photogrammetrische Methoden (\rightarrow Bildtriangulation) bestimmt wird. Daneben gewinnt die Anwendung der $P.$ auf Sondergebieten (nicht-topographische $P.$), z. B. bei der Architekturvermessung und bei der Lösung ingenieurgeodätischer Aufgaben, ständig an Bedeutung.

Lit. Buchholtz: $P.$ (2. Aufl. Berlin 1960); Lacmann: Die $P.$ in ihrer Anwendung auf nichttopographischen Gebieten (Leipzig 1950); Schwidofsky: Grundriß der $P.$ (6. Aufl. Stuttgart 1963); DDR-Standard TGL 20258: Begriffe, Formelzeichen und Koordinatensysteme der $P.$, Blatt 1 bis 2; \rightarrow terrestrische Photogrammetrie.

Photographie (Tafel 54), im weiteren Sinne das Erzeugen dauerhafter Abbildungen von Objekten durch strahlende Energie in einem auf die Strahlung physikalisch-chemisch reagierenden Stoff. Als Strahlungsenergie dienen das sichtbare Licht, Infrarot, Röntgenstrahlung, Elektronenstrahlung u. a. Im engeren Sinne versteht man unter $P.$ die $P.$ mit sichtbarem Licht, die sich zur



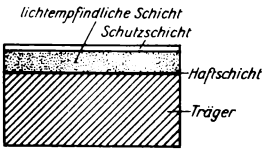
Photoelement. a Unterlage (Elektrode), b Silizium, c Sperrschicht, d Deckelektrode, e Schutzschicht (Deckglas)

Aufnahme eines Bildes einer → photographischen Kamera bedient.

Photographisches Aufnahmematerial. Die lichtempfindliche Schicht (*Emulsion*) kann unterschiedlich aufgebaut sein, je nachdem, ob sie für die Herstellung des Negativs oder des Positivs oder für das Umkehrverfahren dient. Grundsätzlich besteht die Emulsion meist aus Gelatine mit darin feinstverteilten Silberhalogenidkristallen (Silberbromid, -chlorid, -jodid). Als Schichtträger verwendet man Glas (photographische Platten), Filme aus Zelluloseazetat, neuerdings Polycarbonat oder Polyester (photographische Filme), Papier (Photopapier). Glas und Filme dienen als Aufnahmematerial für Negative sowie für Diapositive, Papier für Positive (Aufsichtsbilder). Je nach dem vorhandenen Negativ (flau oder kontrastreich) verwendet man harte oder weiche Papiersorten. Die Bezeichnungen hart, extrahart, weich, normal beziehen sich auf die → Gradation. Die Emulsion ist mit dem Träger durch eine Haftschicht verbunden. Filme und Platten haben meist eine Lichtfestschutzschicht (→ Lichthof), Papiere einen Untergrau aus einer Bariumverbindung in Gelatine (Barytage). Um die Emulsion gegen mechanische Beschädigung oder gegen elektrische Aufladung zu schützen, ist sie mit einer Schutzschicht aus Gelatine überzogen. Von der Zusammensetzung und der Behandlung der lichtempfindlichen Schicht hängen Lichtempfindlichkeit (→ Empfindlichkeit), Gradation, Belichtungsumfang, → Körnigkeit, → Auflösungsvermögen und Farbeempfindlichkeit ab. Silberhalogenid allein ist hauptsächlich für blaues und violettes Licht sowie noch kürzerwellige Strahlung (UV-, Röntgen-,

oder einem anderen trüben Material dienen als Weichzeichner.

Photographischer Prozeß. Das latente Bild kommt dadurch zustande, daß durch Einwirkung von Lichtquanten auf der lichtempfindlichen Schicht von einem Bromion des Silberbromids das Außenelektron abgespalten wird. Man drückt diesen lichtelektrischen Effekt in folgender Formel aus: $Br^- + hf \rightarrow Br + e^-$. Dieses freigewordene Elektron e^- ist frei beweglich und wird an bestimmten bevorzugten Stellen des Silberbromidkristalls (Kristallbaufehler) eingefangen und kann dort nach $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ wegen besonders günstiger energetischer Verhältnisse Silber bilden. Das latente Bild wird durch einen Entwicklungsprozeß sichtbar gemacht. Hierbei wird an den Belichtungskeimen, d. h. an den vom Licht getroffenen Stellen, das Silberhalogenid mit Hilfe einer chemischen Lösung, des → Entwicklers, zu metallischem Silber reduziert, das nun als Schwärzung erscheint. An den nicht belichteten Stellen bleibt das Silberhalogenid unverändert. Es wird in dem anschließenden Fixierbad durch eine Fixiersalzlösung herausgelöst und ausgewaschen, wodurch das Bild lichtunempfindlich, also haltbar gemacht wird. Entwickelt und fixiert wird in einer Dunkelkammer bei rotem Licht für orthochromatisches und bei grünem Licht für panchromatisches Material. Es gibt auch Tageslicht-Entwicklungsdosen. Das so entstandene *Negativ* hat die umgekehrten Helligkeitswerte wie das aufgenommene Objekt, d. h., an Stellen stärkerer Lichteinwirkung ist eine stärkere → Schwärzung entstanden, und umgekehrt. Ein *Positiv*, d. h. ein Bild, das die Helligkeitswerte des Objekts richtig wiedergibt, erhält man durch → Kopieren des Negativs oder durch → Umkehrverfahren.



Aufbau einer photographischen Schicht

Fehlbelichtung oder falsche Entwicklung ergeben zu dünne oder zu dichte Negative, die in gewissem Umfang durch Verstärker (Quecksilber- oder Uranverstärker) oder Abschwächer (gelöstes rotes Blutlaugensalz) korrigiert werden können. Das graue Silberbild kann durch Tönung in einen beliebigen Farbton übergeführt werden.

Radiumstrahlung u. a.) empfindlich. Durch Zugabe geringer Mengen bestimmter Farbstoffe, den optischen → Sensibilisatoren, wird die lichtempfindliche Schicht auch für den langwelligen Spektralbereich empfindlich gemacht (Farbeempfindlichkeit). Schichten, die auf diese Weise außer für Blau auch für Grün bis Gelb empfindlich gemacht sind, heißen *orthochromatisch*, die bis Rot sensibilisierten *panchromatisch*. Völlig farbtönrichtige Wiedergabe wird mit der Panchschicht erzielt, die für alle sichtbaren Farben empfindlich ist, jedoch eine gedämpfte Rotempfindlichkeit und ein Empfindlichkeitsmaximum im Gelbgrün aufweist. Superpanchromatische Filme sind für Rot stark sensibilisiert und besonders für Kunstlicht hochempfindlich.

Photographische Aufnahme. Hierbei ist auf Bildausschnitt, Entfernung- und Blendeneinstellung sowie Belichtungszeit zu achten. Hilfsmittel sind der Sucher zur Ermittlung des Bildausschnittes und der Entfernungsmesser zur Entfernungseinstellung des Objektivs, bei Spiegelreflex- und bei Plattenkameras die Mattscheibe für beides, sowie der → Belichtungsmesser. Die Belichtung hängt ab von der Helligkeit des Aufnahmeobjekts, das selbstleuchtend sein kann oder durch natürliche oder künstliche Lichtquellen beleuchtet wird. Künstliche Lichtquellen sind Photolampen, → Bogenlampen oder → Blitzlicht; bei hochempfindlichem Aufnahmematerial genügt normale Zimmerbeleuchtung. Zur Farbtonkorrektur verwendet man → Farbfilter. Polarisationsfilter (→ Polarisationsfolien) dunkeln bei entsprechender Neigung störende Reflexe oder das Himmelslicht ab. Filter aus Gaze

Sonderarten. Ein wichtiges Sondergebiet ist die → Farbenphotographie. Die *Infrarotphotographie* arbeitet mit Infrarotstrahlen, also mit Wellenlängen, die jenseits des Bereichs des sichtbaren Lichtes liegen, und verwendet dafür infrarotsensibilisierte Platten und Filme. Diese werden mit der Wellenlänge des Sensibilisierungsmaximums bezeichnet, z. B. Infrarotfilm ORWO NI 750, Infrarotplatte ORWO I 1050. Das sichtbare Licht, also die kürzerwelligen Strahlen als 600 nm (= mμ), werden durch ein Rotfilter, auch Schwarzfilter genannt, ausgeschaltet. Die Infrarotphotographie arbeitet also auch im Dunkeln und wird verwendet für bestimmte wissenschaftliche Aufnahmen, in der Kriminalistik, in der Bücher- und Bibliothekskunde zum Sichtbarmachen unleserlicher Schriften, in der Augenheilkunde zur Diagnose und für Fernaufnahmen, da Infrarot die Dunstsicht besser durchdringt. Die *Ultraviolettphotographie* verwendet Schichten, deren Emulsion einen äußerst geringen Gehalt an Gelatine aufweist.

Spektralplatten sind nur für einen bestimmten Wellenlängenbereich sensibilisiert und werden z. B. zu analytischen Untersuchungen in der Chemie verwendet (→ Spektralanalyse). Für den photographischen Nachweis einzelner Teilchen in der Kernphysik verwendet man besonders dicke Emulsionsschichten hohen Silberbromidgehalts, in welche die Teilchen „hineingeschossen“ werden; längs ihrer Bahn erzeugen sie eine Schwärzungsspur, die mikroskopisch untersucht werden kann. Auch für medizinische Zwecke werden Spezialplatten hergestellt.

photographische Kamera

Weitere spezielle Anwendungsgebiete der P. sind → Mikrophotographie, → Astrophotographie, → Reproduktionsphotographie, Röntgenphotographie (→ Röntgendiagnostik), → Unterwasserphotographie.

Lit. v. Angerer: Wissenschaftliche P. (7. Aufl. Leipzig 1959); Baier: Die Grundlagen der P. (Leipzig 1953); Junge-Hübner: Fotogr. Chemie (Leipzig 1966); Nürnberg: Infrarot-P. (2. Aufl. Halle 1957); Stapf: Fotografische Praxis (7. Aufl. Leipzig 1963); Staude: Der photographische Prozeß (Leipzig 1953); Teicher: Handb. der Fototechnik (3. Aufl. Leipzig 1966); Fotokino-Lexikon (Leipzig 1964); Krafft u. Steiner: Lehrb. für Photographen (2. Aufl. Leipzig 1966); Ztschr. Fotokino-Magazin (Leipzig); Die Fotografie (Leipzig); Bild und Ton (Berlin); Ztschr. für wissenschaftliche P., Photophysik und Photochemie (Leipzig).

photographische Kamera (Tafel 54), ein Gerät zur optischen Erzeugung und Aufnahme eines reellen Bildes auf einer lichtempfindlichen Schicht (→ Photographie). Das Bild des Gegenstandes vor der p.n. K. entsteht auf der lichtempfindlichen Schicht durch eine optische Abbildung mit Hilfe eines photographischen Objekts. Lediglich die aus der alten Camera obscura entwickelte Lochkamera hat kein Objektiv.

1) Einteilung. **Plattenkameras** verwenden als Aufnahmematerial Platten (auch Filmpacks), **Rollfilmkameras** Rollfilme. Nach der Größe des Bildformats unterscheidet man Großformatkameras für Bilder im Format 9 cm · 12 cm oder größer, Mittelformatkameras für die Formate 4,5 cm · 6 cm, 6 cm · 6 cm und 6 cm · 9 cm, Kleinbildkameras für die Formate 18 mm · 24 mm, 24 mm · 24 mm, 24 mm · 36 mm und 40 mm · 40 mm und Kleinstbildkameras für die Formate unter 18 mm · 24 mm. Durch Ansatz entsprechender Adapter lassen sich bei einigen Rollfilmkameras auch Platten oder andere Formate verwenden, bei Plattenkameras auch Rollfilme.

2) Bauarten. a) Kameras mit starrem Gehäuse. Bei der einfachsten Ausführung dieser Art von Kameras (**Boxkamera**, Abb. 1) ist das Objektiv feststehend eingebaut, d. h. nicht auf verschiedene Entfernungen einstellbar (Fixfokus-Objektiv). Bei der Kleinbildkamera dieses Typs ist das Objektiv meist auswechselbar mittels Schraub- oder Bajonettfassung am Gehäuse befestigt; die Scharfeinstellung erfolgt durch Verschieben des Objektivs mittels Schneckengangs. Bei der **Tubuskamera** ist das durch Schneckengang oder Frontlinse in seiner Entfernung einstellbare Objektiv durch einen festen Tubus mit dem Kameragehäuse verbunden. b) Die **Balgenkamera** besitzt eine durch einen Trieb auf Schienen bewegliche Objektivstandarte (Halterung für Objektiv mit Verschluss), die durch einen ausziehbaren Balgen mit dem Rückteil verbunden ist. Der Laufboden ist nach dem Zurückschieben des Objektivs hochklappbar. Bei besseren Plattenkameras ist die Objektivstandarte zur Vermeidung falscher

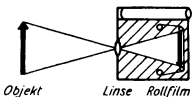
Perspektive („stürzende Linien“) auch seitlich und in der Höhe verstellbar und der Balgen bis zur doppelten Brennweite ausziehbar; Mattscheibenrahmen und Standarte sind neigbar. c) Bei der **Springkamera** ist die Objektivstandarte mit dem Laufboden so verbunden, daß bei Herunterklappen des Bodens die Kamera sofort in Aufnahmebereitschaft ist. d) Die **Speizenkamera** besitzt keinen Laufboden, sondern scherenähnliche Speizen zum Vortrieb des Balgens.

3) Sonderformen. Die **Spiegelreflexkamera** hat im Inneren einen meist um 45° geneigten Spiegel. Dieser wirft das Bild aufrecht, aber seitenverkehrt auf eine Mattscheibe, die auch die Beurteilung der Bildscharfe ermöglicht. Bei der einäugigen Spiegelreflexkamera wird der Spiegel unmittelbar vor der Aufnahme hochgeklappt und kehrt entweder beim nächsten Filmaufzug oder unmittelbar nach der Belichtung in die Ausgangslage zurück (Rückkehrspiegel). Bei der zweiaugigen Spiegelreflexkamera sitzt er fest hinter einem besonderen Sucherobjektiv, das zusammen mit dem Aufnahmeobjektiv verschoben werden kann. Bei der einäugigen Spiegelreflexkamera mit Prismenfernrohr-Sucher wird durch ein Pentadachkantprisma (Umkehrprisma) und ein Okular das Mattscheibenbild seitenrichtig und in Aufnahmerichtung betrachtet. Mattscheibe und Pentadachkantprisma lassen sich bei einigen Kameras nach Bedarf austauschen. In der **Stereokamera** werden durch zwei in Augenabstand voneinander entfernte Objektive, deren Scharf-, Blenden- und Verschluss-einstellung miteinander gekuppelt ist, zwei Bilder aufgenommen. Diese werden nach Fertigstellung durch das Stereoskop oder bei Projektion durch Polarisationsbrillen betrachtet und dabei zu einem räumlich wirkenden Bild vereinigt. Durch Vorschalten von Stereosätzen (Basisprismen) vor die Objektive normaler Kameras oder durch Einschrauben kompletter Stereoobjektive können ebenfalls Stereoaufnahmen hergestellt werden. Schlittenkamera und Strahlenteilungskamera sind Spezialkameras für → Farbenphotographie. Die → Ein-Minuten-Kamera liefert nach der Belichtung in weniger als einer Minute ein Positiv.

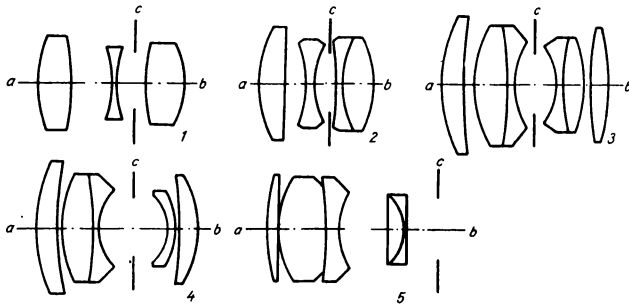
4) Baugruppen. a) Das **photographische Objektiv** ist eine Kombination von optischen → Linsen (Abb. 2). Die **Brennweite** des Objektivs ist maßgebend für die Größe der Abbildung. Je größer die Brennweite, desto größer ist das Verhältnis Bildgröße zu Gegenstandsgröße (Abbildungsmaßstab). Die Normalbrennweite ist annähernd gleich der Bilddiagonale zu setzen. Die **Lichtstärke** k des Objektivs wird durch das Öffnungsverhältnis angegeben, das sich aus dem Verhältnis des Durchmessers der wirksamen Öff-

nung d zur Brennweite f errechnet: $k = \frac{d}{f}$, z. B. $\frac{14}{50} = \frac{1}{3,5}$ oder $d = f : 3,5$. Brennweite und Licht-

stärke sind auf dem Objektiv angegeben. Für die einfachsten p.n. K.s reicht ein aus zwei verkitteten Linsen zusammengesetztes Objektiv (Achromat) aus. Das Triplet (Taylorlinse oder Cookesche Linse) ist aus drei Linsen zusammengesetzt, z. B. Novonar, Triotar, Trioplan, Meritar. Für höhere Ansprüche verwendet man das von Rudolph berechnete Objektiv aus vier Linsen, z. B. Tessar, Primotar. Für Objektive mit größeren Öffnungsverhältnissen (bis 1:1,5) sind gewöhnlich fünf bis sieben teilweise verkittete Linsen erforderlich, z. B. Biotar, Pancolar, Biometar, Sonnar, Oreston, Orestor, ebenso für Weitwinkelobjektive, die für Spiegelreflexkameras verwendet werden, z. B. Flektogon, Orestegon. Für Spezialzwecke, z. B. für die Röntgen-Schirmbild-Photographie, wurden Objektive mit noch größeren Öffnungsverhältnissen (bis 1:0,85) ent-



1 Bauprinzip der Boxkamera



2 Linzanordnung bei den gebräuchlichsten Objektivvarianten. 1 Triotar, 2 Tessar, 3 Biotar, 4 Biometar, 5 Sonnar; a Aufnahmegegenstand, b Film, c Blende

wickelt. Zur Vermeidung von Reflexbildern und Streulicht werden heute alle Objektive vergütet.

Zur Erfassung größerer Bildwinkel dienen die → Weitwinkelobjektive mit entsprechend kürzerer Brennweite; die → Teleobjektive zur Abbildung weit entfernter Gegenstände haben eine längere Brennweite. Bei Objektiven veränderlicher Brennweite (Gummilinsen) sind die Linsen zueinander verstellbar. Die Brennweite läßt sich auch durch Vorsetzen von Einzellinsen oder Linsensystemen (→ Vorsatzlinsen) vor das fest eingebaute Standardobjektiv verändern. Weichzeichnerobjektive (z. B. das Imagon) oder Weichzeichnervorsätze (z. B. Dutoscheiben) erzeugen keine punktförmig scharfe Abbildung, sondern es entstehen Zerstreuungskreise, die dem Bild eine weiche, künstlerische Note geben. Anwendung bei Porträt- und Landschaftsaufnahmen.

b) Die durch das Objektiv eintretende Lichtmenge wird durch eine regelbare **Blende** bestimmt, meist eine aus vielen sich überlappenden Lamellen bestehende Irisblende (→ Blende). Je kleiner bei demselben Objektiv die Blendenöffnung ist, um so geringer ist das Öffnungsverhältnis und um so größer die → Schärfentiefe, d. h. der Bereich, in dem die Aufnahmegegenstände mit befriedigender Schärfe abgebildet werden. Die Blendenzahlen sind so gestuft, daß bei ansteigenden Blendenzahlen jede folgende den halben Lichtstrom in die Kamera gelangen läßt; bei abnehmenden Blendenzahlen gilt sinngemäß der umgekehrte Fall. Die Blendenreihe ist international und in TGL 8012 festgelegt mit 0,7; 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; 45.

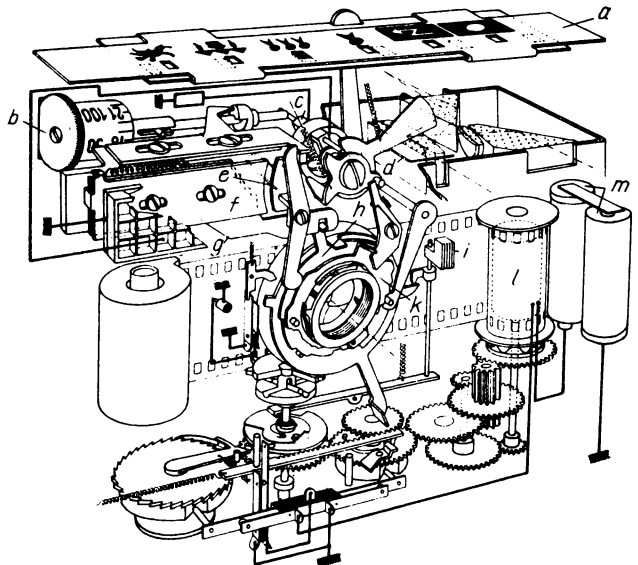
Die Objektive von einäugigen Spiegelreflexkameras werden auch mit einer Einrichtung zur **Blendenvorwahl** ausgestattet. Dabei wird zunächst ein Anschlagring auf den zur Aufnahme erforderlichen Blendenwert eingestellt, dann bei größter Blendenöffnung auf dem dadurch hellen Mattscheibenbild die Entfernung eingestellt und kurz vor Auslösen der Blendenring von Hand bis an den Anschlag gedreht.

Bei der **automatischen Blende** wird sowohl das Schließen auf den im allgemeinen mit Rastring vorgewählten Blendenwert als auch das Öffnen durch die Auslöserbewegung gesteuert (Kupplung durch Blendenauslöser außen am Objektiv direkt vor dem Kameraauslöser oder innerhalb der Kamera vom Auslöser über Gestänge auf Objektivstößel). Beim Drücken des Auslösers springt die durch eine Feder gespannte Springblende auf den vorgewählten Wert, während die Druckblende gegen eine Feder kontinuierlich zuge drückt wird. Nach der anschließenden Belichtung erfolgt beim Loslassen des Auslösers bei beiden Systemen eine kontinuierliche Öffnung der Blende auf den Größtwert. Bei der halbautomatischen **Springblende** wird die Feder mit Handhebel oder Spannring oder aber bei entsprechender Kupplung gleichzeitig mit dem Verschlußaufzug gespannt.

c) **Verschluß.** Die Belichtung der lichtempfindlichen Schicht hängt außer von der Lichtmenge, deren Größe durch die Blende verändert werden kann, noch von der Belichtungszeit ab, die zweckmäßig mit Hilfe eines selbständigen oder in die p. K. eingebauten → Belichtungsmessers ermittelt und am Verschluß eingestellt wird. Die Belichtungszeiten sind auf dem Verschluß oder auf der p. n. K. angegeben; sie waren früher nach folgender Reihe festgelegt: 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, wobei die Zahlen den Bruchteil einer Sekunde angeben (z. B. $2 = \frac{1}{2}$ s). Zum besseren Angleich an die Blendenreihe wird heute ausschließlich folgende Belichtungszeitenreihe verwendet: 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 125, 250, 500, 1000. Beim **Zentralverschluß** erfolgt das Öffnen und Schließen der Verschlußöffnung mittels

Sektoren, die durch Federkraft bewegt werden und zwischen den Linsen (in der Nähe der Blendenebene) oder hinter dem Objektiv angeordnet sind. Im letzteren Falle ist der Verschluß so eingebaut, daß er beim Wechseln des Objektivs in der p. n. K. verbleibt. Zentralverschlüsse ermöglichen kürzeste Belichtungszeiten von $\frac{1}{500}$ s, z. T. sogar bis zu $\frac{1}{1000}$ s. Bei **Automatenschlüssen** wird die Feder erst durch den Druck des Auslösers gespannt und dann sofort freigegeben, beim **Spannverschluß** wird die Feder durch einen vom Auslöser getrennten Hebel gespannt. Der **Schlitzverschluß** befindet sich unmittelbar vor dem Bildfenster der p. n. K. und besteht aus zwei Vorhängen oder Rollos, die in gleicher Richtung nacheinander, einen Schlitz bildend, über das Bildfenster laufen. Der erste Vorhang gibt das Bildfenster für die Belichtung frei, der zweite deckt es wieder ab. Es können Belichtungszeiten bis zu $\frac{1}{1000}$ s, z. T. auch bis zu $\frac{1}{2000}$ s erreicht werden. Die genaue Einhaltung der längeren Belichtungszeiten ($\frac{1}{30}$ s bis 1 s und länger) wird durch ein Hemmwerk geregelt, das ähnlich wie das einer Uhr arbeitet. Bei hochwertigen Kameras ist das Spannen des Verschlusses mit dem Filmtransport und der Weiterschaltung des Bildzählers gekuppelt. Das Spannen erfolgt durch Drehen eines Knopfes, bei Schnellaufzügen durch Schwenken oder Niederdrücken eines Hebels, durch Federwerk oder Elektromotor. In vielen Fällen ist ein Vorlaufwerk eingebaut, das die Auslösung des Verschlusses um einige Sekunden bei Selbstaufnahmen verzögert. Alle neueren Verschlüsse sind für die Verwendung von Blitzlampen und Elektronenblitzgeräten (→ Blitzlicht) synchronisiert, d. h., die Zündung des Blitzes erfolgt durch Schließen von Kontakten im Verschluß. Diese sind je nach der Eigenart des Blitzes so angeordnet, daß eine volle Wirksamkeit des Blitzes auch bei kürzeren Verschlußzeiten gewährleistet ist.

d) **Belichtungssteuerung.** Photographische Kameras mit halb- oder vollautomatischer Belichtungssteuerung enthalten einen eingebauten



3 Funktionsschema einer automatischen photographischen Kamera („Prakti“ des VEB Pentacon Dresden). a) Motivregister, b) Filmempfindlichkeitseingabe, c) Meßwerk, d) Meßwerkzeiger, e) Meßwerkzeiger (Abtastarm), f) Klemmschieber, g) Abtastschieber, h) Blendeneinstellung, i) Auslöseaste, k) Zeiteinstellung kombiniert mit Motivwähler, l) Elektromotor für Filmauszug und Verschlußspannung, m) Monozellen

photoelektrischen Belichtungsmesser, der mechanisch, z. T. auch optisch oder elektrisch mit den Kameraeinstellorganen gekuppelt ist. Die Stellung des vorwiegend im Sucher sichtbaren Meßwerkzeigers gibt nach Eingabe der Filmempfindlichkeit einen den Lichtverhältnissen entsprechenden Lichtwert (Kombination von Blende und Belichtungszeit) an. Bei der p.n. K. mit *halb-automatischer Belichtungssteuerung* wird die von Hand auszuführende Bewegung des Blenden- oder Zeiteinstellorganes über Kupplungsglieder auf den Belichtungsmesser übertragen. Beim Nachführprinzip wird z. B. ein zweiter Zeiger mit dem Meßwerkzeiger zur Deckung gebracht. Umgekehrt kann der Meßwerkzeiger auf eine Festmarke eingestellt werden (Beeinflussung durch Schwenken des Meßwerkes, durch Änderung des Lichtstromes mittels gekuppelter Blende vor dem Strahlungsempfänger oder bei Innenmessung durch optische Kupplung mit der Objektivblende selbst, da der Strahlungsempfänger hinter dem Objektiv im Inneren der Kamera angeordnet ist). Beim Abtastprinzip wird der Meßwerkzeiger geklemmt und als Anschlag für einen mit den Einstellorganen gekuppelten Abtaster benutzt. Bei geringeren Ansprüchen wird zugunsten eines Programms, das häufige Blende-Zeit-Kombinationen enthält, auf freie Wahl der Kombinationen verzichtet. Durch einen einzigen Stelling werden bei Nachführung oder Abtastung z. B. abwechselnd Blende und Zeit verstellt. Bei der p.n. K. mit *vollautomatischer Belichtungssteuerung* (Abb. 3) erfolgt die Klemmung und Abtastung des Meßwerkzeigers und damit die Einstellung des entsprechenden Blende-Zeit-Paares selbsttätig durch Bedienung der Auslösetaste, bevor der Verschuß ausgelöst wird. Neben der für technisch Uninteressierte gedachten Programmeinstellung ohne individuelle Eingriffsmöglichkeit gibt es hochwertige p. K.s mit abschaltbarer automatischer Blendensteuerung bei freier Zeitvorwahl. Eine Zwischenlösung bietet die Einstellung auf Motive (feste Zuordnung von Entfernung und Zeit für Porträt, Gruppe usw.) und automatische Steuerung der Blende. Die Filmempfindlichkeit wird beim Filmeinlegen entweder von Hand oder automatisch (durch die Form der Filmpatronen) vorwiegend über Additionstriebwerke in die Belichtungssteuerung eingegeben.

e) Spiegelreflexkameras zeigen den Bildausschnitt in der Größe des Bildfensters auf der → **Mattscheibe**, zu deren Randaufhellung Bildfeldlinsen und aus Thermoplasten gepreßte Fresnel-Linsen eingesetzt werden. Auch bei Plattenkameras wird meist die Mattscheibe zur Einstellung verwendet, die dann vor der Aufnahme gegen die Platte ausgetauscht wird. Sonst sind zur Ermittlung des Bildausschnittes besondere Sucher erforderlich (Rahmen-, Aufsichts- und Brillantsucher, Durchsichts- und Newtonsucher, Fernrohr-, Universalsucher). Diese müssen bei Wechsel der Objektive ebenfalls gewechselt werden (Unterbringung verschiedener Sucher in einem Revolver oder Einspiegelung verschiedener Begrenzungen im Leuchtrahmensucher).

f) Zum Messen der Aufnahmeentfernung dient der meist eingebaute und mit dem Objektiv gekuppelte **Entfernungsmesser** (→ Entfernungsmessung). Im **Meßsucher** sind Entfernungsmesser und Sucher vereinigt.

Zur Aufnahme dienen photographische Platten oder Filme verschiedener Empfindlichkeit in Schwarz-Weiß (→ Photographie) oder als Umkehr- oder Negativ-Farbfilm (→ Farbenphotographie). Es gibt auch p. K.s mit je einer Kassette für Schwarz-Weiß-Film und Farbfilm, die man beliebig auswechseln kann. Die gebräuchlichsten Rollfilme sind 60 mm (B II) und 45 mm breit (A 8) und unperforiert; der Kleinbilddfilm ist wie

der Kinefilm (Normalfilm) perforiert und 35 mm breit (→ Filmtechnik).

Lit. Stüper: Die p. K. (Wien 1962); → Photographie.

Photogravüre, svw. → Heliogravüre.

Photokatode, bei → photoelektrischen Bauelementen, die mit einem luftleeren oder gasgefüllten Gefäß arbeiten, besonders bei Photozellen, die lichtelektrische Schicht bzw. die Elektrode mit dieser lichtelektrischen Schicht, die Elektronen aussendet, wenn genügend Lichtintensität auf sie fällt.

Photokopie, originalgleiches und daher als Urkunde anerkanntes, durch → Kopieren hergestelltes Zweitstück von Dokumenten und anderen Schriftstücken.

Photoleitungseffekt, ein → lichtelektrischer Effekt.

Photolithographie, eine Form der Lithographie, bei der die Druckvorlage auf photographischem Wege auf die als Druckformträger verwendete Stein- oder Zinkplatte kopiert wird.

Photolyse, → Photochemie.

Photometrie, Verfahren zur Ermittlung der verschiedenen lichttechnischen Größen (→ Lichttechnik). Die hierzu verwendeten Instrumente heißen **Photometer**. Man kann auf Grund der Beurteilung durch das Auge messen (subjektive P.) oder mit lichtempfindlichen Geräten (objektive P.).

Bei der **subjektiven P.** wird auf gleichen Helligkeitseindruck, also gleiche → Leuchtdichte, zweier Flächen eingestellt, die von den zu vergleichenden Lichtquellen getrennt bestrahlt werden. Gleiche Helligkeit erreicht man durch Änderung der Entfernungen auf der Photometerbank. Im abgelesenen Zustand verhalten sich die Lichtstärken I_1 zu I_2 , wie die Quadrate ihrer Entfernungen vom Photometerschirm. Beim **Fettfleckphotometer** nach Bunsen wird ein weißer Papierschirm mit einem Fettfleck von beiden Seiten bestrahlt, wobei der Fleck bei gleicher Beleuchtungsstärke unsichtbar wird. Genauere Messungen werden mit dem **Photometerwürfel** nach Lummer und Brodhun erzielt. Die genannten Photometer eignen sich jedoch nur zum Vergleich von gleichfarbigen Lichtquellen, d. h. für *isochrome P.* Um verschiedenfarbige Lichter zu vergleichen, also *heterochrome P.* durchzuführen, wird das Flimmer- oder das Filterverfahren angewendet. Beim **Flimmerverfahren** erscheinen die beiden zu vergleichenden Helligkeitseindrücke nicht räumlich nebeneinander, sondern in zeitlichem Wechsel nacheinander in demselben Gesichtsfeld. Wenn das Flimmern — bei nicht zu rascher Flimmerfrequenz — verschwindet oder ein Minimum erreicht, kann man auf Gleichheit der Leuchtdichte des Gesichtsfeldes schließen. Beim **Filterverfahren** werden die beiden zu vergleichenden Lichter durch in den Strahlengang gesetzte bekannte Farbfilter ausgeglichen, anschließend wird auf gleiche Helligkeit eingestellt.

Die für die **objektive P.** verwendeten Meßgeräte müssen dem Empfinden des normalen menschlichen Auges angepaßt sein, d. h., sie müssen sich durch international festgelegte spektrale Hellempfindlichkeit auszeichnen. Als lichtempfindliche Geräte werden vorwiegend Photoelemente, mitunter auch Thermoelemente oder Photozellen verwendet. Eine besondere Bedeutung haben selbstregistrierende Photometer, die zum Ausmessen der Intensitätsverteilung in Spektren verwendet werden (**Spektralphotometrie**). — Während Lichtstärken, Leuchtdichten und Beleuchtungsstärken direkt mit den angeführten Photometern gemessen werden, erfordert die Messung von Lichtströmen die Benutzung eines Zusatzgerätes, der Ulbrichtschen Kugel.

Lit. Kortüm: Kolorimetrie, P. und Spektrometrie (3. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956).

photometrisches Entfernungsgesetz, quadratisches Entfernungsgesetz. Es stellt die Beziehung zwischen der Lichtstärke I einer Lichtquelle und der von ihr in einer Entfernung r hervorgerufenen Beleuchtungsstärke E her. Es besagt, daß die auf einer senkrecht von Licht getroffenen Fläche vorhandene Beleuchtungsstärke mit dem Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle abnimmt, also: $E = I \cdot r^{-2}$. Es gilt aber nach der Definition der Lichtstärke nur für eine relativ zur Ausdehnung der Lichtquelle große Entfernung, die **photometrische Grenzentfernung**. **photometrisches Strahlungsäquivalent**, Zeichen K_L , das Verhältnis des Lichtstromes in Lumen zu dem Strahlungsfluß in Watt für die monochromatische Strahlung der Wellenlänge λ . Das photometrische S. stellt also einen wellenlängenabhängigen Zusammenhang zwischen einer strahlungsphysikalischen und der ihr entsprechenden lichttechnischen Größe her. Sein Wert beruht unter anderem auf der Festlegung der \rightarrow Lichteinheit. Auf Grund der z. Z. geltenden Werte ergibt sich bei der Wellenlänge der maximalen Hellempfindlichkeit des Auges (555 nm) für K_L der Maximalwert (K_m) von 680 lm W^{-1} (TGL 0-5031). Der Kehrwert des photometrischen S.s heißt mechanisches \rightarrow Lichtäquivalent.

Photomikrographie, \rightarrow Mikrophotographie.

Photomultiplier, ein \rightarrow Sekundäremissionsvervielfacher.

Photon, 1) alte, nicht gesetzliche Einheit der Empfindungsleuchtdichte. 2) \rightarrow Photonen.

Photonen, Lichtquanten, Zeichen γ , die auf Grund des \rightarrow Dualismus von Welle und Korpuskel einer Lichtwelle und allgemein jeder elektromagnetischen Welle entsprechenden Teilchen (Elementarteilchen). Die 1900 von Max Planck aufgestellte Quantentheorie verlegte die Quantelung des Lichts in P. nur in die Atome; d. h., daß nur der Energieübergang vom Atom ins Strahlungsfeld in ganz diskreten, gequantelten Sprüngen vor sich geht. Im Strahlungsfeld sollte die Energie stetig verteilt sein. 1906 wurde von Einstein, gestützt auf Untersuchungen am äußeren lichtelektrischen Effekt, eine Theorie aufgestellt, nach der auch die Energie im Strahlungsfeld gequantelt ist. Einen überzeugenden experimentellen Beweis für diese Theorie erbrachte der 1923 entdeckte \rightarrow Compton-Effekt. Die P. sind demnach Träger der Energie und des Impulses einer Lichtwelle. Den P. werden nach der Quantentheorie folgende korpuskulare Eigenschaften zugeschrieben: Ein einer Welle mit der Frequenz f entsprechendes Photon hat die Energie $h f$ (h = Plancksches Wirkungsquantum); Gruppen- und Phasengeschwindigkeit fallen im Vakuum zusammen und sind gleich der Lichtgeschwindigkeit c . Daher zeigt die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum keine Frequenzabhängigkeit, d. h. keine Dispersion. Die Masse m eines Photons ergibt sich aus Energie und Geschwindigkeit zu $m = h f / c^2$; nach der Einsteinschen Relativitätstheorie muß die Ruhmasse Null sein. Der Impuls ist $p = h f / c$. Das magnetische Moment und die elektrische Ladung der P. ist Null, der Spin beträgt $\hbar/2\pi$. P. genügen als einzige stabile Elementarteilchen der Bose-Einstein-Statistik (\rightarrow statistische Mechanik).

Photonenrakete, \rightarrow Rakete.

Photosphäre, die Schicht der Sonnenatmosphäre, aus der der größte Teil des sichtbaren Sonnenlichtes stammt, \rightarrow Sonne.

Photosynthese, eine chemische Reaktion, bei der unter der Wirkung des Lichtes Synthesen chemischer Verbindungen zustande kommen.

Die wichtigste P. ist die **Assimilation** (Kohlensäureassimilation), d. i. ein von den grünen chlorophyllhaltigen Pflanzen ausgeführter, über mehrere Stufen gehender komplizierter Prozeß, bei dem aus anorganischen Stoffen (Kohlendioxid

aus der Luft und Wasser aus dem Boden) unter Mitwirkung der Energie des Sonnenlichtes Kohlenhydrate und andere physiologisch wichtige organische Stoffe aufgebaut werden. Die Assimilation kann vereinfacht nach folgender Gleichung angegeben werden: $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Licht}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$. Für die Bildung von 1 Mol Glukose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ aus Kohlendioxid und Wasser werden hierbei 675 kcal verbraucht. Durch die Hilla'sche Reaktion wurde bewiesen, daß bei der Assimilation zunächst Wasser gespalten wird und der Sauerstoff nicht unmittelbar aus dem Kohlendioxid entsteht. Gegensatz: \rightarrow Dissimilation.

P.n von technischer Bedeutung sind die Bildung von Chlorwasserstoff aus den Elementen unter der Wirkung des Lichtes, ferner die Chlorierung von aromatischen Verbindungen in der aliphatischen Seitenkette, die Chlorierung von Essigsäure und Azeton.

Phototheodolit (Tafel 53), ein Aufnahmegerät für Meßbilder in der \rightarrow terrestrischen Photogrammetrie. Er besteht aus der \rightarrow Meßkammer für die photographische Aufnahme der Bilder und einem darauf aufgesetzten theodolitartigen Orientierungsaufsatz zur Ausrichtung und Einmessung der Aufnahmeachse und zur Bestimmung von Paßpunkten. Als Aufnahmematerial werden ausschließlich Photoplaten verwendet, das Bildformat beträgt $13 \text{ cm} \cdot 18 \text{ cm}$. Am Gerät vorhandene Libellen ermöglichen es, die Bildebene vertikal und die daran vorhandenen Bildkoordinatenachsen horizontal bzw. vertikal auszurichten.

Lit. \rightarrow Photogrammetrie.

Phototherapie, Lichtbehandlung, ein Verfahren zur Behandlung von Krankheiten mit Hilfe natürlichen oder künstlich erzeugten Lichtes. Außer dem sichtbaren Licht werden auch Strahlungsarten in den benachbarten Wellenlängenbereichen (Infrarot und Ultraviolett) zur Therapie angewandt. Es kommen optische Strahlungen sowohl in schmalen Frequenzbändern als auch mit breitem Spektrum und als Frequenzgemische zur Anwendung. Angewandte Strahlungsquellen sind hauptsächlich Temperaturstrahler (z. B. Wärmestrahler, elektrische Glühlampen, Lichtkästen) und Gasentladungsstrahler oder Lumineszenzstrahler (z. B. Quecksilberdampf-Quarzlampen, Kohlebogenlampen für UV-Bestrahlung). Durch Verwendung von Filtern können auch Rotlichtstrahler, Blaulichtstrahler usw. hergestellt werden. Die Strahlungsarten haben je nach Wellenlängenbereich, Intensität und Dosierung sehr unterschiedliche biophysikalische Wirkungen (Durchdringungsvermögen, Hautreaktionen, Nervenreaktionen, biochemische Prozesse usw.) und therapeutische Anwendungsgebiete (Knochen-, Gelenk-, Hauttuberkulose, Rachitis und ähnliche Krankheiten).

Phototransistor, ein \rightarrow photoelektrisches Bauelement in Form einer Halbleiteranordnung, in der infolge des inneren \rightarrow lichtelektrischen Effektes Ladungsträgerpaare erzeugt werden und der von diesen gebildete Strom verstärkt wird. Der P. besitzt zwei $p\text{-}n$ -Übergänge, die dadurch entstehen, daß eine Zwischenschicht von p -Material beiderseits von n -Material begrenzt wird. Der p -Bereich erzeugt eine Potentialmulde zwischen den beiden n -Bereichen, und beim Anlegen der Hilfsspannung begrenzt diese Potentialmulde den Elektronenfluß durch die Anordnung. Die Tiefe dieser Potentialmulde wird durch die Defektelektronenkonzentration im p -Bereich bestimmt. Die bei Lichteinfall im n -Bereich erzeugten Defektelektronen diffundieren in den p -Bereich und werden dort eingefangen. Der p -Bereich wird dadurch positiv aufgeladen und die Tiefe der Potentialmulde verringert, hierdurch wird ein größerer Elektronenfluß ermöglicht. Es

Photovervielfacher

entsteht somit ein sperrschichtmodulierter Photostrom, der auch verstärkt ist, denn ein positives Defektelektron gibt den Anlaß zum Fließen mehrerer Elektronen. Mit dem P. ist eine Quantenausbeute von 100 und mehr möglich. Die Frequenzgrenze eines solchen *npn*-P.s liegt meist etwas niedriger als bei einer *pn*-Photodiode. Der P. ist heute meist durch die Photodiode ersetzt, die einfacher herzustellen ist und meist einen besseren Nutzeffekt bei der Umwandlung von Lichtsignalen in elektrische Signale gewährleistet.

Lit. → photoelektrische Bauelemente.

Photovervielfacher, ein → Sekundäremissionsvervielfacher.

Photowiderstand, Widerstandszelle, Halbleiterphotozelle, ein → photoelektrisches Bauelement, das auf dem inneren → lichtelektrischen Effekt beruht. Auf einer isolierenden Unterlage (Glas, Keramik) wird eine halbleitende Substanz aufgebracht und mit zwei Kontakten versehen. Der elektrische Widerstand zwischen diesen beiden Kontakten wird verringert, wenn Licht genügend Energie auf den Photohalbleiter fällt (Abb.). Die Widerstandsänderung ist von der Intensität und der Wellenlänge des Lichtes abhängig. Kadmiunsulfid-Photowiderstände sprechen auf sichtbare, ultraviolette, Röntgen- und Gammastrahlung an. Sie zeigen die höchste Empfindlichkeit der zur Zeit bekannten Photowiderstände und ändern ihren Widerstand bei einer Beleuchtungsstärke von 1000 lx (Lux), was einer 50-Wattlampe in 200 mm Abstand entspricht, um sechs Zehnerpotenzen. Die Bleisulfid-, Bleitellurid- und Bleiselenid-Photowiderstände sind im infraroten Gebiet empfindlich. Sie dienen als Meßorgane und sind weniger träge als die Kadmiunsulfid-Photowiderstände. Die Empfindlichkeit des Bleisulfid-Photowiderstands kann durch Kühlung erhöht werden. Mit Photowiderständen können direkt Feinrelais zum Ansprechen gebracht werden. Sie haben deshalb als → Lichtschranken große Bedeutung für die Automatisierungs- und Regeltechnik.

Lit. → photoelektrische Bauelemente.

Photozelle, ein → photoelektrisches Bauelement, das auf dem äußeren → lichtelektrischen Effekt beruht. In einem evakuierten oder gasgefüllten Rohr steht einer photoelektrischen Schicht, der **Photokathode**, die meist schleifen- oder netzförmige Anode gegenüber, an die durch eine Batterie eine positive Spannung gelegt ist (Abb.). Die Photokathode sendet Elektronen aus, wenn Licht genügend Energie, d. h. genügend kurzer Wellenlängen auf sie fällt. Die ausgesandten Elektronen fliegen zur Anode unter dem Einfluß der an sie angelegten positiven Spannung. Die Quantenausbeute, d. i. die Zahl der ausgelösten Photoelektronen bezogen auf die eingefallenen Photonen, ist von der Wellenlänge abhängig. Die Photonen müssen mindestens eine Energie haben, die zur Überwindung der photoelektrischen Austrittsarbeit notwendig ist. Die Abhängigkeit der Quantenausbeute von der Wellenlänge und die langwellige Grenze sind charakteristisch für das Material der Photokathode. Obwohl grundsätzlich alle Metalle photoelektrische Eigenschaften aufweisen, werden in modernen P.n heute fast ausschließlich Alkalimetalle bzw. -oxide (z. B. Zäsmumoxid, Kalium, Natrium) und Kadmiun verwendet (**Alkalizelle**).

Die Zahl der ausgelösten Photoelektronen je Sekunde, d. h. der Photostrom ist der Intensität der einfallenden Lichtstrahlung streng proportional. Der Photostrom wird mit einem Galvanometer gemessen, seine Größe folgt den Schwankungen der Intensität trägeheitslos. Damit sind die P.n ein wichtiges Meßorgan für die objektive Photometrie vom infraroten Gebiet des Spektrums über das sichtbare bis in das ultraviolette Licht. Durch Füllung der Photozelle mit

einem neutralen Gas (Edelgas von ≈ 1 Torr) kann die Empfindlichkeit etwa um den Faktor 5 bis 10 erhöht werden. Gleichzeitig sinkt durch die Gasfüllung infolge der Trägheit der Gasmoleküle die obere Frequenzgrenze (etwa 25 % Abnahme der Empfindlichkeit bei 10 kHz).

Man verwendet P.n für die gleichen Zwecke wie die Photowiderstände bzw. Photodioden, von denen sie aus zunehmend mehr Gebieten verdrängt werden. Nur einige Eigenschaften der P.n, z. B. ihre geringe Temperaturabhängigkeit, sind die Ursache dafür, daß sie sich für wenige bestimmte Zwecke gegenüber den modernen photoelektrischen Halbleiterbauelementen behaupten können.

Lit. Görlich: Die Anwendung der P.n (Leipzig 1951); → photoelektrische Bauelemente.

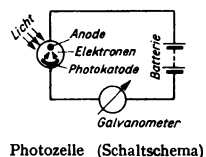
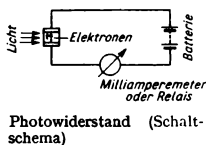
Phthalatharze, eine Form der → Alkydharze.

Phthaleine, eine Gruppe von synthetischen Farbstoffen, die aus Phenolen und Phthalsäureanhydrid unter Wasseraustritt entstehen. P. sind z. B. Phenolphthalein, Fluoreszein und Eosin.

Phthalozyaninfarbstoffe, Phthalozyanine, synthetische Farbstoffe, die strukturell mit den Porphyrinen verwandt sind und sich vom Phthalsäuredinitril ableiten. Der einfachste Vertreter, das **Kupferphthalozyanin (Heliogenblau)**, bildet blaue, metallglänzende Kristallnadeln. Technisch gewinnt man es durch Schmelzen von Phthalimid und Kupfer(I)-chlorid unter Zusatz von Harnstoff. Die P. werden als kräftig leuchtend blaue, lichtechte Pigmentfarbstoffe verwendet (Anstrich- und Druckfarben, besonders geeignet zum Anfärben von Plasten). Durch Einführung von Hydroxyl- oder Sulfogruppen werden die P. wasserlöslich und können auch zum Anfärben von Fasern verwendet werden.

Phthalsäure, Benzol-o-dikarbonsäure, eine aromatische Dikarbonsäure, $C_6H_4(COOH)_2$, die der Terephthalsäure isomer ist. P. bildet weiße Kristalle (F. 191 °C in geschlossenem Rohr). Technisch gewinnt man sie durch Oxydation von Naphthalin bei 350 bis 400 °C mit Luftsauerstoff am Vanadinpentoxidkontakt. Beim Erhitzen geht sie bereits unterhalb des Schmelzpunktes in Phthalsäureanhydrid über. — Ihre Salze und Ester heißen **Phthalate**. P. wird meist in Form ihres Anhydrids in großem Umfang zur Herstellung von Farbstoffen, z. B. Phthaleinen und Indigo, sowie als Ausgangsstoff für die Gewinnung von Phthalsäureestern (Dibutylphthalat bis Dioktylphthalat für Weichmacher) und Kunstharzen (**Phthalatharze**, → Alkydharze) verwendet.

pH-Wert, der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration (pH -Wert) bzw. -aktivität (paH -Wert). Der Messung zugänglich ist nur der pH -Wert, der wie folgt definiert ist: $pH = -\log f_{H^+}$, wobei c_{H^+} = Wasserstoffionenkonzentration und f_{H^+} = mittlerer Aktivitätskoeffizient. Wasserstoffionenaktivität a_{H^+} und Hydroxylionenaktivität a_{OH^-} sind in wäßrigen Lösungen über das Ionenprodukt des Wassers $K_W = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}$ (für 25 °C: $K_W = 1,008 \cdot 10^{-14} \text{ Mol}^2 \text{ l}^{-2}$) miteinander verknüpft. Bei $a_{OH^-} = a_{H^+}$, also $pH = -\log a_{H^+} = -\log \sqrt{K_W} \approx -\log \sqrt{10^{-14}} = -\log 10^{-7} = 7$, ist eine wäßrige Lösung neutral, bei $pH < 7$ sauer, bei $pH > 7$ alkalisch. Die Bestimmung des pH -Wertes kann durch Zugabe gewisser Farbindikatoren, deren Farbänderung man beobachtet, oder durch Messung der Geschwindigkeit durch H^+ -Ionen katalysierter Reaktionen erfolgen, jedoch vor allem durch → Potentiometrie. Für theoretische Untersuchungen wird dazu die Wasserstoffelektrode (→ Elektrode) verwendet, für deren Potential nach der Nernstschen Gleichung bei 25 °C gilt: $E[V] = -0,0591 \cdot pH$. Bei Änderung des pH -Wertes um eine Einheit, d. h. bei Änderung der H^+ -Ionenaktivität um eine Zehnerpotenz,



ändert sich das Potential um etwa 59 mV. Die gleichen Potentialänderungen von 59 mV je Einheit des pH-Wertes findet man bei der für praktische Messungen fast ausschließlich verwendeten Glaselektrode und bei der nur wenig benutzten Chinhydronelektrode.

Messung und Regelung des pH-Wertes sind notwendig z. B. zur Optimierung chemischer Verfahren, bei der Frischwasseraufbereitung und der Abwasserentgiftung. Der pH-Wert hat entscheidenden Einfluß auf die Lebensvorgänge in biologischen Systemen. pH-Messungen im Blut und in den Verdauungsorganen durch spezielle Sonden erleichtern die medizinische Diagnose.

Lit. Schwabe: pH-Meßtechnik (3. Aufl. Dresden u. Leipzig 1963), pH-Fibel (4. Aufl. Leipzig 1962), Elektrometrische pH-Messung unter extremen Bedingungen (Weinheim/Bergstraße 1964).

Phyllit, seidig glänzendes, feinkörniges, geschiefertes metamorphes Gestein, das vorwiegend aus Quarz und feinschuppigem Muskovit (Serizit) besteht. P. ist durch niedriggradige Metamorphose aus Tonschiefer hervorgegangen; die nächst höhere Metamorphosestufe stellt → Glimmerschiefer dar. P. ist in Gebieten mit Regionalmetamorphose verbreitet.

Phyllochinon, Vitamin K₁, → Vitamine.

Physik, die Wissenschaft von Struktur und Bewegung der unbelebten Natur, den diese Bewegung hervorruhenden Kräften sowie den Zustandsänderungen der Stoffe und Energieformen.

Die *Experimentalphysik* gewinnt ihre Erkenntnisse aus der exakten Beobachtung der Naturvorgänge und dem planmäßigen Versuch, dem → Experiment, das — unter übersichtlichen und vereinfachten Bedingungen durchgeführt — Auskunft über den qualitativen und quantitativen Zusammenhang der untersuchten Größen gibt, während die *theoretische P.* das experimentell gefundene Tatsachenmaterial zusammenfaßt und in Gestalt mathematisch formulierter → Theorien ausdrückt. Gleichzeitig können in der Theorie gefundene Gesetzmäßigkeiten nachträglich im Experiment bestätigt werden.

Unter dem Begriff der *klassischen P.* werden Vorgänge und Probleme zusammengefaßt, die anschaulich in Raum und Zeit beschreibbar sind. Daher gliedert sich die P. ursprünglich — den Sinneswahrnehmungen entsprechend — in Mechanik, Akustik, Wärmelehre, Optik, Magnetik, Elektrizitätslehre.

Die „*moderne*“ P. umfaßt jene Bereiche der P., die nicht anschaulich in Raum und Zeit beschreibbar sind. Dazu gehören die → Relativitätstheorie, die eine Erweiterung der klassischen P. für bewegte Bezugssysteme darstellt, die Quantenphysik, die Atomphysik und die Kernphysik, die die charakteristischen Gesetzmäßigkeiten der Vorgänge im Atom, beim Ausstrahlen elektromagnetischer Strahlung durch Atome sowie der chemischen Bindung zwischen Atomen beschreiben.

Im Mittelpunkt der gegenwärtigen Forschung stehen die Theorie der *Elementarteilchen*, Versuche zur experimentellen Verwirklichung von *Kernfusionsprozessen* und die *Festkörperphysik*, die das Ziel verfolgt, makroskopische Stoffeigenschaften aus dem atomaren Bau zu erklären.

Durch die Anwendung physikalischer Erkenntnisse und Methoden in anderen Naturwissenschaften entstanden Spezialgebiete wie Astrophysik, Biophysik, Geophysik und physikalische Chemie. Unmittelbare Anwendung finden physikalische Erkenntnisse in der Technik. Schafft die P. einerseits den wissenschaftlichen Vorlauf für die Entwicklung der Technik, so erhält sie andererseits von der Technik entscheidende Anregung und kann in ihren modernen Arbeitsrichtungen nicht ohne bedeutende technische Hilfsmittel auskommen.

Lit. Beier und Dörner: Die P. und ihre Anwendung in Medizin und Biologie (2 Bde Leipzig 1960/61); Bergmann und Schaefer: Lehrb. der Experimentalphysik, 3 Bde (Berlin 1961–66); Dasing und Schaefer: Experimentalphysik (28. Aufl. Leipzig 1963); Eder: Moderne Meßmethoden der P. (Berlin, Tl 1 2. Aufl. 1960, Tl 2 1966); Frenkel: Statistische P. (2. Aufl. dtshc Berlin 1967); Grimsehl: Lehrb. der P. (bearb. von Schallreuter, 4 Bde Leipzig 1962–67); Haendel: Grundgesetze der P. (6. Aufl. Leipzig 1965); Handb. der P. (hrsg. von Flüge, 54 Bde, Berlin, Göttingen, Heidelberg, seit 1956); Joos: Lehrb. der theoretischen P. (11. Aufl. Leipzig 1964); Kohlrausch: Praktische P., 2 Bde (21. Aufl. Stuttgart 1960/62); Landau u. Lifschitz: Lehrb. der theoretischen P., 8 Bde (dtshc Berlin 1966/67); Lindner: Lehrb. der P. für Ingenieur- und Fachschulen (Leipzig 1967); Planck: Das Weltbild der neuen P. (14. Aufl. Leipzig 1958); Recknagel: P., Mechanik (8. Aufl. Berlin 1965), Elektrizität und Magnetismus (5. Aufl. Berlin 1967), Optik (3. Aufl. Berlin 1965), Schwingungen und Wellen, Wärmelehre (6. Aufl. Berlin 1967); Schallreuter: Einführung in die P., 2 Bde (Halle 1965); Sommerfeld: Vorlesungen über theoretische P., 6 Bde (Leipzig 1964–66); Weizel: Lehrb. der theoretischen P., 2 Bde (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963 u. 1958); Westphal: Physikalisches Wörterbuch (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1952); Physik (18./19. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959); Zeller und Franke: Das physikalische Rüstzeug des Ingenieurs (7. Aufl. Leipzig 1966); Ztschr.: Physikalische Berichte (Berlin); Annalen der P. (Leipzig); Zschr. für P. (Berlin); Zschr. für angewandte P. (Berlin); Fortschritte der P. (Berlin); Experimentelle Technik der P. (Berlin); Mathematik und P. in der Schule (Berlin).

physikalische Altersbestimmung, absolute Altersbestimmung, radioaktive Zeitmessung, die Messung des Alters von Mineralen, Gesteinen und anderen hinreichend alten Proben mit Hilfe der natürlichen Radioaktivität bestimmt in ihnen enthaltener Elemente. Falls die Anzahl der in einer Probe enthaltenen radioaktiven Atomkerne und die ihrer Zerfallsprodukte nicht durch irgendwelche Sekundärprozesse im Laufe der Zeit verändert worden ist, kann man aus ihrem gemessenen Verhältnis mit Hilfe des Zerfallsgesetzes und der für jedes Radionuklid charakteristischen Halbwertszeit das Alter der Probe berechnen, d. h. die Zeit, die z. B. seit der letzten Entmischung vergangen ist. Gegenwärtig werden zur p.n.A. von terrestrischen Proben die Radionuklide ¹⁴C, ⁴⁰K, ⁸⁷Rb, ²³⁵U und ²³⁸U verwendet. Sie erfordern jeweils gesonderte Arbeitsmethoden. Zur Bestimmung des Alters von Meteoriten u. a. werden Produkte von bestimmten Kernreaktionen (Spaltungen) herangezogen.

1) **Kohlenstoff-14-Methode**, **Radiokohlenstoffdatierung**, **Radiokarbonmethode**, englisch **radio-carbon dating**. Infolge der kurzen Halbwertszeit (etwa 6000 Jahre) des β -strahlenden Kohlenstoffisotops ¹⁴C ist dieses nur zur Datierung von Proben, die ungefähr 500 bis 50000 Jahre alt sind, geeignet. Die Genauigkeit der Altersbestimmungen beträgt gegenwärtig ± 100 Jahre. Bei Beschuß von Stickstoffkernen durch Neutronen der kosmischen Strahlung wird in der oberen Atmosphäre Radiokohlenstoff gebildet. Beim Assimilationsprozeß wird dieser von Pflanzen aufgenommen, durch Nahrungsaufnahme gelangt er in Tierkörper. Infolge der in lebender Materie ständig erfolgenden Austauschprozesse stellt sich in dieser eine konstante ¹⁴C-Aktivität ein, die der ¹⁴C-Produktionsrate entspricht. Nach Aufhören des Austausches (Tod) fällt diese Aktivität nach dem Zerfallsgesetz ab. Der Zeitpunkt des Absterbens kann also aus Messungen der spezifischen Aktivität berechnet werden. Die Aktivitätsmessungen erfolgen in Proportionalzählröhren oder in Szintillationszählern. Die Kohlenstoff-14-Methode wurde 1946 von dem Amerikaner Libby entwickelt, der dafür 1960 den Nobelpreis für Chemie erhielt. Sie wurde an zahlreichen Objekten genau bekannten Alters geprüft, wobei sich eine sehr gute Übereinstimmung ergab.

2) **Kalium-Argon-Methode.** Ein Teil des im Element Kalium enthaltenen Isotops ^{40}K zerfällt (K-Einfang) mit einer Halbwertszeit von etwa 10^9 Jahren in das stabile Isotop ^{40}Ar des Edelgases Argon, das also in jedem alten Mineral, das Kalium enthält, in geringen Mengen vorhanden sein muß. Durch Erhitzen kann man es aus der Probe austreiben und nach sorgfältiger Reinigung in einem Massenspektrometer messen. Aus der Menge des gebildeten ^{40}Ar und dem ^{40}K -Gehalt der Probe kann man ihr Alter — seit der letzten Entgasung — berechnen. Die Hauptfehlerquelle dieser Methode besteht im allmählichen Ausdiffundieren des gebildeten ^{40}Ar aus dem Mineral. Die Empfindlichkeit des Verfahrens ist so weit gesteigert worden, daß der Anschluß an Datierungen mit Hilfe der Kohlenstoff-14-Methode erreicht wurde.

3) **Rubidium-Strontium-Methode.** Das β -aktive Rubidiumisotop ^{87}Rb zerfällt mit einer Halbwertszeit von $5 \cdot 10^{10}$ Jahren in das stabile Strontiumisotop ^{87}Sr . Infolge der geringen Diffusionsgeschwindigkeit des Strontiums ist diese Methode, die nur bei sehr hohem Alter der Minerale anwendbar ist, besonders zuverlässig. Aus dem massenspektrometrisch bestimmten Anteil an ^{87}Sr und dem Rubidiumgehalt der Probe berechnet man das Alter seit der letzten Entmischung.

4) Die **Bleimethoden** sind die am längsten bekannten Methoden der p.n. A. Die Endprodukte der mit den Nukliden ^{232}Th , ^{235}U und ^{238}U beginnenden natürlich-radioaktiven Zerfallsreihen sind die stabilen Bleisotope ^{208}Pb , ^{207}Pb und ^{206}Pb . Aus deren massenspektrometrisch bestimmten Häufigkeiten kann man das Alter einer Probe — seit der letzten Abtrennung des Bleis — berechnen. Infolge der großen Halbwertszeiten der Ausgangsprodukte (etwa 10^{10} Jahre) ist diese Methode nur für sehr alte Proben verwendbar. Die Hauptfehlerquelle besteht in der Möglichkeit der Ausdiffusion der gasförmigen Zwischenprodukte. Da bei einem Teil der Zerfallsakte α -Teilchen emittiert werden, kann man auch die Menge des entstandenen Heliums bestimmen (**Heliummethode**).

Phytogifte, eine spezielle Gruppe von chemischen Verbindungen. In der Kampfstoffchemie (\rightarrow Kampfstoffe) dienen die P. zur Schädigung von Nutzpflanzen. Die Wirkung beruht auf der Beeinflussung von Stoffwechselvorgängen in der grünen Pflanze. Die P. unterbinden z. B. das Wachstum der Pflanzen oder erzeugen abnorme Wucherungen. P. sind z. B. 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (abg. 2,4-D), 2,6-Dichlorbenzonitril und p-Chlorphenyldimethylharnstoff.

In der Landwirtschaft werden einige P. als Herbizide zur selektiven Unkrautbekämpfung eingesetzt.

Phytol, $\text{C}_{20}\text{H}_{40}\text{OH}$, ein biologisch wichtiger azyklischer Diterpenalkohol, der esterartig gebunden im Chlorophyll enthalten ist.

Pi, π , in der Mathematik die irrationale, transzendente Zahl, die das Verhältnis des Umfangs eines Kreises zu seinem Durchmesser angibt. Dargestellt als unendlicher nichtperiodischer Dezimalbruch lauten die ersten 10 Stellen $\pi = 3,141\,592\,653 \dots$ Nach dem holländischen Mathematiker Ludolf van Ceulen (1540–1610), der diese Zahl auf 35 Dezimalstellen berechnete, wird sie auch **Ludolf'sche Zahl** genannt. Die Zahl π ist neben der Eulerschen Zahl e eine der bedeutendsten in der Mathematik. Ihre Geschichte umfaßt einen Zeitraum von etwa 4000 Jahren. Bereits 2000 v. u. Z. verwendeten die Ägypter den Näherungswert $\left(\frac{16}{9}\right)^2 = 3,1604 \dots$ Nach der Erfindung der Infinitesimalrechnung und der Entwicklung der Reihenlehre war es möglich, für π Formeln anzugeben, die eine beliebig ge-

naue Bestimmung der Zahl π gestatten. So berechnete im Jahre 1874 Shanks 707 Stellen sowie in neuerer Zeit Ferguson, Wrench und Smith 810 Stellen. Mit Hilfe einer elektronischen Rechenmaschine wurde die Zahl π in nur 96 Stunden sogar auf 2040 Stellen berechnet. — Durch den von Lindemann im Jahre 1882 erbrachten Nachweis, daß π transzendent ist, d. h. nicht Wurzel einer algebraischen Gleichung sein kann, wurde zugleich die Unmöglichkeit der Quadratur des Kreises mit Zirkel und Lineal endgültig erwiesen.

Piacryl, \rightarrow Plaste, Übers.

Piatherm, \rightarrow Plaste, Übers.

Piche-Gerät, ein \rightarrow Verdunstungsmesser.

Pickeln, \rightarrow Rauchwarenzurichtung.

Picker, ein Teil der Webmaschine, \rightarrow Weberei.

Pick-up-Presse, svw. \rightarrow Räum- und Sammelpresse.

Pick-up-Wagen, \rightarrow Karosserie.

Pico, auch **Piko**, Kurzz. p, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^{-12} (Billionstel), z. B. **Picofarad**, Kurzz. pF, = 10^{-12} F.

Pidgeon-Prozeß, \rightarrow Magnesium.

Pier m oder f , im Hafenbecken ein Damm zum Anlegen von Schiffen, der senkrecht oder schräg zum Ufer in die Wasserfläche hineinverläuft (im Gegensatz zum Kai); Länge und Breite richten sich nach seiner Zweckbestimmung. Bei genügender Breite und Länge des P.s dient dieser dem Güterumschlag und ist dann mit allen Hafeneinrichtungen, z. B. Kranen, Gleisanlagen, Kaischuppen, Straßen, auszurüsten. Die Bauausführung der Wasser/Ufer-Begrenzung erfolgt bautechnisch wie die eines Kais.

Piezelektrizität, das Auftreten elektrischer Ladungen auf Grenzflächen mancher Kristalle (Quarz, Turmalin), wenn diese in bestimmten Richtungen durch Druck, Zug oder Torsion beansprucht werden. Diesen **piezelektrischen Effekt** zeigen Kristalle mit polaren Achsen. Mechanische Beanspruchungen in Richtung dieser Achsen erzeugen durch Verschiebung von Ionen Molekülkonfigurationen mit elektrischen Dipolmomenten. Die Moleküle sind in Richtung der polaren Achse hintereinander angeordnet und kompensieren ihre Ladungen im Kristallinneren; an gegenüberliegenden Begrenzungsflächen bleiben unabgesättigte und entgegengesetzte Ladungen übrig. Die Größe dieser Ladungen hängt von der Größe der mechanischen Beanspruchung ab. Der Effekt eignet sich demzufolge zur Druckmessung. Richtungsumkehr der Beanspruchung bewirkt Vorzeichenwechsel der Aufladungen. Ändert sich die mechanische Beanspruchung im rhythmischen Wechsel, so wechseln die Ladungen im gleichen Rhythmus, und der Kristall stellt eine elektrische Wechselladungsquelle dar (Anwendung im Kristallmikrophon, Kristalltonabnehmer).

Der **umgekehrte piezelektrische Effekt** ist die **Elektrostriktion**: Befindet sich ein Kristall mit seiner polaren Achse in einem elektrischen Feld (durch Anlegen einer elektrischen Spannung an Elektroden auf den beiden senkrecht zur polaren Achse befindlichen Kristallflächen), dann erfährt er eine elastische Deformation. Die Größe der Deformation ändert sich mit der elektrischen Spannung; Richtungsumkehr des elektrischen Feldes verwandelt eine Dilatation in eine Kontraktion oder umgekehrt. Durch ein elektrisches Wechselfeld wird der Kristall zu elastischen Dickschwingungen gleicher Frequenz angeregt (Anwendungen zur Erzeugung von Ultraschall und als elektroakustische Wandler in Kristalllautsprechern). Eine Kristallplatte läßt sich besonders leicht zu Dickschwingungen anregen, wenn die Erregerfrequenz mit der Eigenfrequenz des Kristalls übereinstimmt (Resonanz); kleinere Verschiebungen der Erregerfrequenz bewirken praktisch keine Veränderung der mit Eigenfre-

quenz schwingenden Kristalle (Anwendung bei der Frequenzstabilisierung von Sendern: „Schwingquarz“). Der piezoelektrische bzw. elektrostriktive Effekt wird in der Technik bevorzugt mit Hilfe von Quarzen (**Piez Quarzen**) angewendet. Neben Quarz sind technisch wichtige Piezokristalle noch Turmalin, Seignettesalz und gesintertes Bariumtitanat, ferner zeigen Natriumchlorat, Weinsäure, Saccharose u. a. P.

Lit. Gohlke: Einführung in die piezoelektrische Meßtechnik (2. Aufl. Leipzig 1959).

Piezolan, Handelsname für einen oxidkeramischen Werkstoff auf der Basis von Bariumtitanat, der → Piezoelektrizität aufweist. Auf Grund des reziproken Piezoeffektes (Umwandlung von elektrischen Schwingungen in mechanische) dient P. vor allem zur Erzeugung von Ultraschall, während der direkte Piezoeffekt (Umwandlung von mechanischen Schwingungen in elektrische) hauptsächlich zu Messungen von Wechselströmen, Gleichströmen und kurzzeitigen Druckimpulsen angewendet wird. Piezolanschwinger können je nach ihrer Abmessung mit Frequenzen im Bereich von 18 kHz bis 10 MHz angeregt werden.

Piezometer, ein Gerät, mit dem die Kompressibilität (Zusammendrückbarkeit) von Flüssigkeiten gemessen wird.

Piezoquarz, svw. → Schwingquarz.

Pigmente, solche Farbstoffe, die im Gegensatz zu den meist löslichen → Farbstoffen unlöslich in Lösungs- und Bindemitteln sind. Zu den *anorganischen P.* gehören die **Erdpigmente** (natürliche anorganische P.), z. B. Kreide, Ocker, Schiefergrau; die **Mineralpigmente** (synthetische anorganische P.), z. B. Chromgelb, Bleiweiß, Mennige, Lithopone, Zinkweiß und Berliner Blau; die **metallischen P. oder Bronzen**, z. B. Aluminium- und Messingbronze. Zu den *organischen P.* zählen z. B. Indigo, Krapp und Karmin (früher natürlich gewonnene organische P.) und die synthetisch erzeugten **Pigmentfarbstoffe**, z. B. Akraminfarbstoffe, und **Farblacke**. Die P. können ohne Anwendung von Bindemitteln mit dem zu färbenden Material vermischt oder zusammen mit einem wäßrigen, nichtwäßrigen oder öhlhaltigen Bindemittel auf den zu färbenden Gegenstand aufgetragen werden.

Pikaphos, → Mehrnährstoffdünger.

Pikoline, $C_5H_5N-CH_3$, die drei isomeren Methylderivate des Pyridins. Sie kommen in der Leichtölfraction der Stein- und Braunkohlenteerdestillation vor und werden zur Herstellung von Kunstharzen, Insektiziden und Arzneimitteln sowie als Lösungsmittel verwendet.

Pikrinsäure, 2,4,6-Trinitrophenol, $(NO_2)_3C_6H_2-OH$, hellgelbe, sehr stark bitter schmeckende Blättchen (F. 122 °C), die bei sehr raschem Erhitzen oder bei Initialzündung explodieren. Wesentlich stoßempfindlicher und besonders explosiv sind einige Salze der P., die **Pikrate**. P. färbt Haut und tierisches Gewebe stark gelb. Technisch stellt man sie durch Nitrierung von Phenol oder Dinitrophenol her. Man verwendet P. zur Herstellung von Schwefelfarbstoffen, in der organischen Analytik zum Nachweis von Aminen und Kohlenwasserstoffen. Als Sprengstoff wurde P. weitgehend durch 2,4,6-Trinitrotoluol verdrängt.

Pikrit, ein dunkles, ultrabasisches Ergußgestein, das neben Olivin (meist serpentiniert) noch Pyroxen, Amphibol und Biotit enthält. Wenn Altersveränderungen durch paläozoisches Alter entstanden sind, wird es auch **Paläopikrit** genannt. P. wird wie der äußerlich ähnliche → Diabas verwendet.

Pile, 1) svw. → Kernreaktor. 2) → Chloralkalielektrolyse.

Pilgerschrittgetriebe, ein Getriebe, das eine fortschreitende Bewegung erzeugt, die durch periodisch auftretende, mehr oder weniger lange

Rückwärtsbewegungen unterbrochen wird, → Rädergetriebe.

Pilling-Effekt, die Bildung eines knötchen- (pillen-) förmigen Gewirrs von verschlungenen Fasern (Noppen). Der P.-E. tritt beim Gebrauch von Textilien aus Fasergemischen (Wolle oder Viskosefasern mit Synthesefasern) auf. Die festen Synthesefasern arbeiten sich aus dem Gewebe heraus und bilden die Noppen, da sie nicht abgeseuert werden.

Pilotanlage, englisch *pilot plant*, in der Chemietechnik eine im halbertechnischen Maßstab betriebene Versuchsanlage als wichtiges Zwischenglied zwischen Laborversuch und Großproduktion.

Pilotballon, → Ballon.

Pilottonverfahren, 1) ein Verfahren in der Film- und Fernsehtechnik zur gleichzeitigen Aufzeichnung tonfrequenter Signale und einer Steuerfrequenz von 50 Hz bzw. 100 Hz (Pilotfrequenz, Pilotton) auf Magnetband (Pilottonaufzeichnung, „magnetische Perforation“). Die Steuerfrequenz wird durch einen mit der Bildkamera fest verbundenen Pilotfrequenzgenerator erzeugt, der entweder an das Netz angeschlossen oder bei einer batteriegespeisten Bildkamera an deren Hauptantriebswelle gekoppelt ist. Die von der Bildwechselfrequenz der Bildkamera abhängige Pilotfrequenz dient bei getrennter Wiedergabe von Bild und Ton zur synchronen Steuerung von Filmprojektor und Magnetbandspieler oder bei Überspielung von Magnetbandaufzeichnungen auf Magnetfilm zur Synchronisierung von Studiobandgerät und Magnettonkamera.

2) → Hochfrequenzstereophonie.

Pinan, ein Grundgerüst der bicyklischen Terpene. Wichtigster Abkömmling ist → Pinen.

Pinch-Effekt, die eigenmagnetische Kontraktion starker Ionenströme in Gasentladungen. Der P.-E. ist besonders wichtig bei Kernfusionsanlagen (→ Kernfusion).

Pinen, $C_{10}H_{16}$, der in der Natur am häufigsten vorkommende bicyklische ungesättigte Terpenkohlenwasserstoff. P. bildet ein Gemisch aus α - und β -Pinen, die sich lediglich durch die Lage der Doppelbindung unterscheiden. Es ist der Hauptbestandteil des Terpentinöls und ferner im Wacholder-, Salbei- und Eukalyptusöl enthalten. α - und β -Pinen sind farblose, stark lichtbrechende Flüssigkeiten von charakteristischem Geruch (α -Pinen: Kp. 156 °C, β -Pinen: Kp. 163 °C). α -Pinen bildet mit Chlorwasserstoff bei -60 °C kristallines Pinenhydrochlorid, das sich bei Raumtemperatur in das isomere Bornylchlorid umlagert, wobei die Isopropylbrücke aus der man die p-Stellung wandert, so daß aus dem Pinan- ein Kamphangerüst entsteht. P. dient vor allem als Ausgangsstoff für die synthetische Herstellung des Kampfers.

Pinksalz, → Zinn.

Pinole, ein in Längsrichtung verschiebbarer, meist kreiszylindrisch geformter Maschinenteil, z. B. im Reitstock der Drehmaschine.

Pionen, → Mesonen.

Pipeline [englisch, „Rohrleitung“], eine Rohrleitung zum Transport von Erdöl vom Gewinnungsort zum Verschiffungshafen oder Verarbeitungsbetrieb, oft auch als Rohrleitung zum Transport von anderen Medien verwendet, z. B. von Erd- und Stadtgas, Kohle, Erzen, Zement, Kalkstein, Schwefel, Rophosphaten, Ammoniak, Kohlendioxid und anderen Chemikalien, von Sanden, Kiesen, Wasser, auch von Milch von der Melkanlage zur Molkerei, von Obst von der Plantage zur Konservfabrik, von Fischen vom Fangschiff zum Verarbeitungsbetrieb. P.s weisen gegenüber anderen Transportmitteln beträchtliche Vorteile auf, z. B. ist der Transport in P.s billiger als der Eisenbahn- und Schifftransport,

Piperidin

es entstehen keine Wartezeiten, Arbeitskräfte werden eingespart u. a.

Als Rohre für die P.s verwendet man heute Stahl- oder Betonrohre mit einem Durchmesser bis zu 1100 mm. Die Rohre sind je nach den klimatischen Verhältnissen ober- oder unterirdisch verlegt; sie können auch auf dem Meeresboden geführt sein.

Der für die Förderung des Mediums notwendige Druck wird in Pumpstationen erzeugt, die in bestimmten Abständen (maximal 250 km) in die P. eingebaut sind. Die Entfernung der Pumpstationen, in denen hauptsächlich Kreislaspumpen arbeiten, hängt von der Viskosität bzw. dem Druckverlust des Mediums und den geographischen Verhältnissen ab. Bei manchen Gütern ist der Transport in P.s nur mittels besonderer Maßnahmen möglich. Kohle, Erze u. a. werden zerkleinert und mit Wasser oder Öl aufgeschlämmt; am Bestimmungsort werden sie durch Schleudern oder Zykclone von den Flüssigkeiten getrennt. Zement wird in P.s pneumatisch (Beimischung von Luft) befördert. Schwefel wird für den Transport flüssig gehalten, indem man heißes Wasser durch ein konzentrisch um die P. gelegtes äußeres Rohr leitet.



Streckenführung der Erdölleitung „Freundschaft“

Die längste P. der Welt, die Erdölleitung „Freundschaft“, führt von der UdSSR (Tiumasy) nach Polen mit Abzweigungen nach Ungarn, der CSSR und der DDR (Erdölraffinerie in Schwedt). Von Schwedt aus führt ein Strang weiter nach Leuna. Ebenso führt ein Strang von Rostock nach Schwedt. Die gesamte P. besitzt eine Länge von etwa 4500 km. Sie ist mit 20 vollautomatischen Pumpstationen versehen. Die Förderkapazität beträgt 40 Millionen m³ Erdöl im Jahr (110 000 m³ Erdöl täglich).

Weitere große P.s für Erdöl bestehen in den USA, z. B. die „Big-Inch-Pipeline“ von Longview (Texas) nach New York mit einer Länge von 2190 km, in Kanada und im Nahen Osten, z. B. die P.s von Kerkuk nach Banjas (875 km), von Kerkuk nach Tripoli (etwa 1000 km) und vom Persischen Golf nach Sidon am Mittelmeer (1720 km). Eine weitere große P. ist in der UdSSR zwischen Mangyschlak und Kuibyschew im Bau (≈ 1500 km). Die längste Erdgasleitung der Welt (etwa 3700 km) verbindet Alberta und Montreal (Kanada).

Lit. → Rohrleitung.

Piperidin, Hexahydropyridin, C₄H₁₁N, eine organische Base. P. ist eine farblose, ammoniakalisch riechende, giftige Flüssigkeit (Kp. 106 °C). Synthetisch gewinnt man es durch katalytische Reduktion von Pyridin. P. wird bei organischen Synthesen (Kondensationsreaktionen) und bei der Vulkanisation des Kautschuks technisch verwendet.

Piperin, Hauptalkaloid des schwarzen Pfeffers. Bei der Hydrolyse zerfällt P. in Piperidin und Piperinsäure.

Piperonal, Heliotropin, 3,4-Methylenedioxy-benzaldehyd, farblose, heliotropartig riechende Kristalle (F. 37 °C). P. kommt in verschiedenen ätherischen Ölen vor. Synthetisch erhält man es durch Oxydation von Safrol über Isosafrol. Verwendet wird es vor allem in der Parfümerie.

Pipette, röhrenförmiges, gläsernes, in eine Spitze auslaufendes Volumenmeßgerät für Flüssigkeiten.

Pistole, eine (einhändige) Handfeuerwaffe. Sie hat einen sehr kurzen, etwa 10 bis 20 cm langen Lauf mit einem Kaliber von 6,35 bis 11,5 mm und ein Einsteckmagazin für 8 bis 12 Patronen. Die moderne P. ist eine **Selbstladepistole** (Gasdrucklader, → automatische Waffen). Beim Durchkrümmen des Abzugs wird die Feder des Schlagbolzens entspannt, so daß dieser auf das Zündhütchen der Patrone schlägt. Der Druck der Pulvergase beim Schuß bewirkt in Verbindung mit einer Feder das Öffnen des Verschlusses, das Auswerfen der leeren Hülse, das Einführen einer neuen Patrone, das Spannen des Schlagbolzens und das Schließen des Verschlusses. Die Feuereschwindigkeit beträgt etwa 8 Schuß in 10 bis 15 s, die Treffsicherheit reicht bis zu 50 m, die maximale Reichweite des Geschosses bis 1000 m. Bekannte Bauarten von Selbstladepistolen sind z. B. die Mauserpistole (Kaliber 7,63 mm), die Parabellumpistole, die Browningpistole, die Waltherpistole und die Makarowpistole. Mit **Tränengaspistolen** werden Patronen verschossen, die einen Augenreizstoff (unexakt als Tränengas bezeichnet) enthalten. Mit **Schreckschuß- und Startpatronen** werden „blinde“ Schüsse abgefeuert, d. h. Patronen ohne Geschöß. **Leuchtpistolen** sind P.n, mit denen Leuchtpatronen zur Signabgabe abgefeuert werden.

Pistomesit, → Magnesit.

Pitotrohr, Pitotsche Röhre, eine Strömungs-sonde. Das P. ist ein hakenförmig nach vorn in Strömungsrichtung gebogenes Rohr. Es dient zur Messung des Gesamtdruckes (Summe aus dynamischem und statischem Druck) in einem strömenden Medium. Die Kombination von P. und Drucksonde ergibt das → Prandtlrohr.

Pitting, Grübchen, ein örtlich begrenzter, lochartiger Metallverlust als Folge mechanischer Einflüsse, fälschlich oft auch für Lochfraßkorrosion (→ Korrosion) gebraucht.

Pivalinsäure, eine → Valeriansäure.

Pivacid, → Chemiefaserstoffe, Übers.

PK, Abk. für → Pyrometerkegel.

PKW, Abk. für → Personenkraftwagen.

Plagioklas, → Feldspäte.

Plan, eine großmaßstäbliche → kartographische Darstellung ohne Relief (Lageplan der Ingenieurvermessung). In der Regionalplanung wird die kartographische Fixierung von Planvorstellungen als P. (Flächennutzungsplan), die Darstellung des Bestandes als Karte bezeichnet.

Planar-Technik, eine Technologie, die in der Halbleitertechnik und Mikroelektronik zur Herstellung von Bauelementen verwendet wird. Die P.-T. hat folgende wesentliche Fertigungsschritte: 1) Auf der polierten Oberfläche einer Halbleitereinkristallscheibe, meist aus Silizium, wird eine dünne nichtleitende Schicht Siliziumdioxid durch thermische oder elektrolytische Oxydation erzeugt. Diese Schicht wirkt für Dotierungsstoffe aus der III. Gruppe (z. B. Bor) oder V. Gruppe (z. B. Phosphor) des Periodensystems diffusionshemmend. 2) Durch in die diffusionshemmende Schicht eingetragene Öffnungen, von denen jede ein Bauelement ergibt, werden bei etwa 1200 °C in die Halbleitereinkristallscheibe Dotierungsatome eindiffundiert, die die Leitfähigkeit und den Leitfähigkeitstyp (p- oder n-leitend) an den geöffneten Stellen verändern.

Alle Fertigungsschritte werden von einer Oberflächenebene der Halbleitereinkristallscheibe ausgeführt. Die Vorteile der P.-T. bestehen darin, daß auf einer Halbleitereinkristallscheibe bis zu 2000 Bauelemente gleichzeitig hergestellt werden können und daß die bei der Diffusion entstehenden *pn*-Übergänge durch die diffusionshemmende Schicht vor Umgebungseinflüssen geschützt bleiben. Dadurch ergibt sich eine hohe Zuverlässigkeit von Bauelementen, die mit der P.-T. hergestellt werden. — Die P.-T. kann getrennt oder in Verbindung mit der → Epitaxie-Technik angewendet werden.

Plancksches Strahlungsgesetz, ein → Strahlungsgesetz.

Plancksches Wirkungsquantum, Zeichen *h*, eine physikalische Konstante vom Wert $6,626 \cdot 10^{-27}$ erg s, → Quantentheorie. Oft wird heute

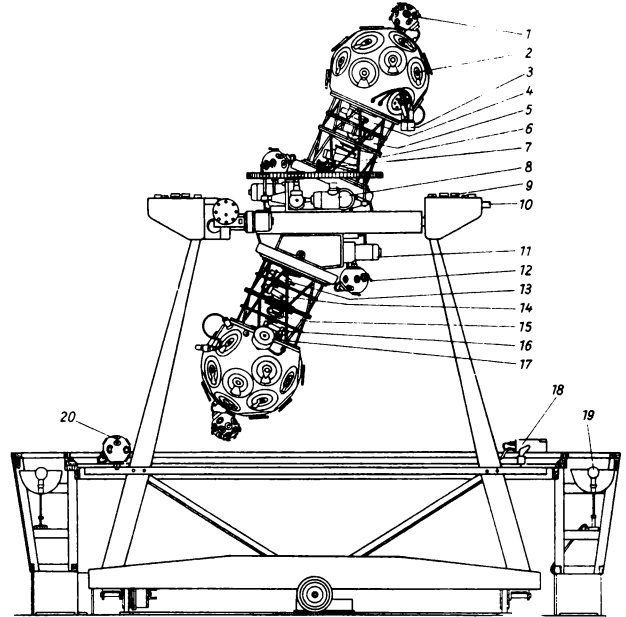
auch die Größe $\frac{h}{2\pi} = \hbar$ (sprich: *h* quer) verwendet, die man etwa zu 10^{-27} erg s ansetzen kann.

Planet, Wandelstern, ein großer Himmelskörper, der sich in kreisähnlicher Ellipsenbahn um die Sonne bewegt und Licht von der Sonne empfängt. Die nach wachsender Entfernung von der Sonne geordneten P.en sind → Merkur, → Venus, → Erde, → Mars, → Jupiter, → Saturn, → Uranus, → Neptun und → Pluto. Die mit bloßem Auge sichtbaren P.en von Merkur bis Saturn waren schon im Altertum bekannt. Uranus wurde 1781 von W. Herschel, Neptun 1846 von Galle, Pluto 1930 von Tombaugh entdeckt. Ihre Bewegungen werden durch die Keplerschen Gesetze beschrieben. Die Bahnebenen der großen P.en fallen mit der Bahnebene der Erde nahe zusammen. Nach ihrer Stellung zur Erdbahn unterscheidet man **innere P.en** (Merkur und Venus) und **äußere P.en** (Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, Pluto), nach ihrer Masse und Dichte **erdähnliche P.en** (Merkur, Venus, Erde, Mars, Pluto) und **jupiterähnliche (große) P.en** (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun). Die erste Gruppe hat eine hohe Dichte und eine feste Oberfläche. Die Massen dieser P.en sind relativ gering. Die zweite Gruppe hat große Massen, aber geringe Dichten, ihre sehr mächtigen Atmosphären enthalten wegen der großen Entfernung von der Sonne und damit geringen Oberflächentemperatur vorwiegend die schwer kondensierbaren Gase Methan und Ammoniak. Bei den erdähnlichen P.en sind die feste Oberfläche umgebenden Atmosphären, wenn überhaupt vorhanden, von ähnlicher Beschaffenheit wie die irdische. Der Planet Pluto fällt aus der Reihe der äußeren schweren P.en und erweckt durch die große Exzentrizität und Neigung seiner Bahn den Eindruck, als hätte er ursprünglich nicht zum Sonnensystem gehört oder als wäre er früher ein Satellit des Neptuns gewesen.

Die P.en werden mit Ausnahme von Merkur, Venus, Pluto von Monden (→ Satellit) umkreist. Zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter bewegen sich zahlreiche → Planetoiden (**Kleine P.en**).

P.en, Monde, Planetoiden und Kometen bilden das **Planetensystem**.

Planetarium, eine Vorrichtung zur Darstellung der scheinbaren Bahnen von Sonne, Mond und Planeten sowie des Fixsternhimmels. Beim modernen **Projektionsplanetarium** werden mittels eines komplizierten Systems von Projektoren die Gestirne als Lichtbilder auf die Innenfläche einer Kuppel geworfen. Es ermöglicht die Darstellung des gestirnten Himmels in jeder beliebigen geographischen Breite, die Vorführung des



Planetarium. 1 Sternbildprojektoren, 2 Fixsternprojektoren, 3 Kometprojektor, 4 Saturnprojektor, 5 Sonnenprojektor, 6 Mondprojektor, 7 Mittlerer Sonnenprojektor, 8 Jahreszahlprojektor, 9 Horizontkreisprojektor (6° und 18°), 10 Pol- und Stundenwinkelprojektor, 11 Antriebsmotor, 12 Äquator- und Ekliptikprojektor, 13 Merkurprojektor, 14 Venusprojektor, 15 Marsprojektor, 16 Jupiterprojektor, 17 Milchstraßenprojektor, 18 Satellitenprojektor, 19 Kuppelbeleuchtung, 20 Meridianprojektoren

Ablaufs der täglichen Himmelserscheinungen sowie vor allem der Bewegungen der Sonne, der Planeten und des Mondes mit hoher Genauigkeit für Jahrhunderte zurück und voraus. Mittels

Sonne und Planeten

Name	mittlere Entfernung von der Sonne Erde = 1 in Mill. km	<i>U</i> *	<i>i</i> *	Masse (einschl. Monde) Erde = 1	Dichte in g cm ⁻³	Durchmesser Erde = 1 in km	Ab- plat- tung	<i>e</i> *	Rotations- dauer
Sonne	.	.	.	333000	1,41	109,0	1392000	0	25 bis 30 Tage
Merkur	0,387	57,9	0,241	7°0'	0,053	5,3	4840	0	88 Tage?
Venus	0,723	108,2	0,015	3°24'	0,815	4,95	12400	0	0,007 15 bis 30 Tage?
Erde	1,000	149,6	1,000	0°0'	1,012	5,52	12756	1:298	0,017 23h 56 min 4 s
Mars	1,524	227,9	1,881	1°51'	0,107	3,95	6800	1:190	0,093 24 h 37 min 23 s
Jupiter	5,203	778,3	11,862	1°18'	318,0	1,33	142800	1:16,4	0,048 9 h 50 min bis 9 h 55 min
Saturn	9,546	1428	29,458	2°29'	95,22	0,687	120800	1:10,5	0,056 10 h 14 min
Uranus	19,20	2872	84,018	0°46'	14,55	1,56	47600	1:18	0,047 10 h 49 min
Neptun	30,09	4498	164,78	1°46'	17,23	2,27	46600	?	0,009 15 h 40 min
Pluto	39,5	5910	248,4	17°9'	0,9	4,0	14400	.	0,249 ?

* *U* = Umlaufzeit in Jahren; *i* = Neigung gegen die Ekliptik; *e* = Exzentrizität der Bahn

Nebenprojektoren können auch die astronomischen Koordinatensysteme, Meteorschauer, die Bahnen künstlicher Erdsatelliten u. dgl. dargestellt werden.

Planetengetriebe, swv. → Umlaufgetriebe.

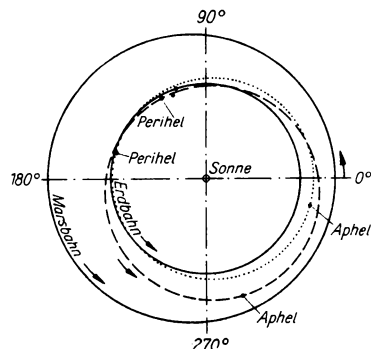
Planeten-sonde, → Raumsonde.

Planetesimalhypothese, → Kosmogonie.

Planetoid, 1) **Asteroid**, **kleiner Planet**, ein kleiner planetenartiger Himmelskörper des Sonnensystems. Die P.en bewegen sich in ihrer Mehrheit zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter um die Sonne. Man kennt von etwa 1700 P.en die Bahnen, mehr als 4000 wurden beobachtet. Die Gesamtzahl wird auf 40000 bis 50000 geschätzt. Die kürzeste bekannte Umlaufzeit hat *Hermes* mit etwa $1\frac{1}{2}$ Jahren, die größte *Hidalgo* mit 13,67 Jahren, die meisten Umlaufzeiten liegen bei 4,5 Jahren. Die Neigungen und Exzentrizitäten der Bahnen der P.en sind im allgemeinen wesentlich größer als die der Planeten. Die P.en haben sehr geringe Masse; die Gesamtmasse dürfte nur einige Tausendstel der Erdmasse betragen. Die vier größten P.en sind *Ceres* (740 km Durchmesser), *Pallas* (480 km), *Juno* (200 km) und *Vesta* (380 km); ihre Durchmesser wurden mikrometrisch gemessen. Bei kleineren P.en können die Durchmesser nur auf Grund der Helligkeit abgeschätzt werden. Der Durchmesser der meisten P.en beträgt weniger als 100 km. Sie haben wahrscheinlich keine Kugelgestalt und erwecken dadurch den Anschein, daß sie die Reste einer Planetenkatastrophe sind.

Den ersten P.en fand Piazzi am 1. Januar 1801. Gauß berechnete die Bahn dieses Gestirnes, so daß Zach am 7. Dezember 1801 ihn nahe dem vorausberechneten Ort wieder auffinden konnte.

2) **künstlicher P.**, ein Raumflugkörper (→ Raumfahrt, → Raumsonde), der das Gravitationspotential des Erde-Mond-Systems überwindet und in eine Ellipsenbahn um die Sonne gelangt. Seine



Bahn des künstlichen Planetoids Lunik 1 (---) und Pioneer 4 (---).

Startgeschwindigkeit muß mindestens gleich der 2. → kosmischen Geschwindigkeitsstufe sein (minimal 11,1 km/s ab Erdoberfläche) und darf bei Start in Umlaufrichtung der Erde die 3. kosmische Geschwindigkeitsstufe (16,6 km/s) nicht überschreiten (bei Start in Gegenrichtung maximal 72,7 km/s). Die künstlichen P.en sind mit Meßinstrumenten ausgerüstet zur Erforschung des interplanetaren Raumes (Untersuchung der kosmischen Strahlung, der Licht- und Teilchenstrahlung der Sonne, der interplanetaren Magnetfelder u. a.) und der Planeten (Untersuchung der Eigenstrahlung, des Magnetfeldes, der Atmosphäre und der Oberflächenbeschaffenheit). Ferner können Mondsonden (→ Mondprojekt) zu künstlichen P.en werden, wenn sie den Mond verfehlen.

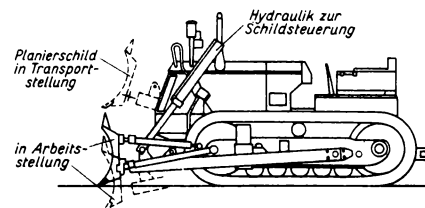
Der erste künstliche P. war die 1959 gestartete sowjetische Mondsonde Lunik 1 (vgl. Tab.).

Unter den bis Ende 1967 gestarteten Raumsonden waren 23 künstliche P.en mit Nutzlasten (→ Raumfahrt, Tab.), 16 davon Sonden für Messungen im interplanetaren Raum sowie in der Nähe von Venus und Mars (→ Venusprojekt, → Marsprojekt); dazu kommen noch etwa 30 Raketenendstufen und Teilstücke. Die Bahnen liegen in einer Entfernung von 100 Millionen bis 250 Millionen km von der Sonne, die Umlaufzeiten zwischen 300 und 520 Tagen, und die Neigung gegen die Ekliptik beträgt $<4^\circ$. Besonders erfolgreich waren die amerikanische Venussonde Mariner 2 (1962) und die Marssonde Mariner 4 (1964). Diese Sonden näherten sich bis auf 34800 km (Mariner 2) bzw. 8700 km (Mariner 4) dem Zielplaneten und übertrugen Meßwerte aus 58 bzw. 217 Millionen km Entfernung zur Erde. Die sowjetische Sonde Venus 2 (1965) näherte sich der Venus bis auf 24000 km, die amerikanische Sonde Mariner 5 (1967) bis auf 4000 km. Venus 3 (1965) gelangte bis zur Oberfläche dieses Planeten. Ein hervorragender Erfolg war die „weiche“ Landung von Venus 4 (1967), wobei bis zur Bodenberührung Meßdaten übertragen wurden. Soweit künstliche P. nicht auf einen Planeten oder Mond auftreffen, ist ihre Lebensdauer praktisch unbegrenzt.

Kenndaten der ersten beiden künstlichen Planetoiden

	Lunik 1 (UdSSR)	Pioneer 4 (USA)
Startdatum	2. 1. 1959	3. 3. 1959
große Halbachse der Bahn	172 Mill. km	159 Mill. km
Exzentrizität	0,148	0,072
Neigung gegen die Ekliptik	0,01°	0,13°
erster Perihel-durchgang	14. 1. 1959	17. 3. 1959
Perihelabstand	146 Mill. km	147 Mill. km
Aphelabstand	197 Mill. km	170 Mill. km
Umlaufzeit in Tagen	446	398
Masse der Raumsonde	361,3 kg	6,07 kg

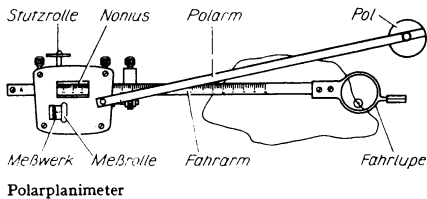
Planiermaschinen, Schlepper mit einer an der Vorderseite angebauten breiten Planiereinrichtung (Planierschild und Stützrahmen). Am Heck ist oft ein Aufreißer angeordnet. Das Planierschild läßt sich auf- und abbewegen (meist hydraulisch, seltener mittels Seilzugs) und ist mit dem Stützrahmen fest (Brustschild) oder schwenkbar verbunden (Schwenschild). P. ohne Schwenschild werden auch als **Bulldozer**, P. mit Schwenschild auch als **Angledozer** [englisch Winkelplaniermaschine] bezeichnet. Nach dem Fahrwerk unterscheidet man Planieraußen und Planierwagenschlepper. **Planieraußen** sind mit Gleisketten versehen und für robusten Betrieb bestimmt (Steinbruch, Braunkohlentagebau, Großbaustellen), **Planierwagenschlepper** sind mit luftbereiften Rädern versehen und eignen sich zur oftmaligen Benutzung öffentlicher Straßen, zum Einsatz im Stadtbauwesen u. dgl.



Planiermaschine

Planiglob, die kartographische Darstellung einer Erd- oder Himmelskugel auf ebener kreisförmiger Fläche.

Planimeter, Flächenmeßgerät, ein mathematisches Gerät zum Messen des Flächeninhalts (Integrieren) von ebenen Figuren. Das Messen erfolgt dabei meist durch Umfahren der Umrandungslinie. Das gebräuchlichste P. ist das **Polarplanimeter**. Bei diesem wird ein Fahrarm (Fahrstab), an dessen einem Ende sich eine Fahrleupe mit Marke befindet, längs des Figurrandes geführt. Das andere Ende des Fahrstabes (Leitpunkt) wird durch einen Polarm, an dessen freiem Ende ein schweres Metallstück als Pol angeordnet ist, stets auf einem Kreis geführt. Am Fahrarm befindet sich der Integrationsmechanismus, eine Meßrolle mit Meßwerk. Die Meßrolle läuft beim Umfahren der Fläche mit dem Fahrarm. Die Ableseung am Meßwerk ergibt nach Multiplikation mit einer Instrumentenkonstante unmittelbar den Flächeninhalt der umfahrenen Fläche. Wird im Mechanismus der Leitpunkt nicht auf einem Kreis, sondern auf einer Geraden geführt (Geradführung durch Nut in einer Schiene), so spricht man von einem **Linearplanimeter**. Mit dem **Kompensationsplanimeter** kann man durch doppeltes Umfahren Fehler infolge Achsen-schiefe der Meßrolle ausschalten. Beim **Scheibenplanimeter** läuft die Meßrolle auf einer besonderen Antriebsscheibe; sie erhält dadurch vergrößerte Drehung und eine mehrfache Ablesegenauigkeit. Das **Radialplanimeter** ist für Kurven in Polarkoordinaten bestimmt.



Das photoelektrische P. dient zur Ermittlung der Ausnutzung einer Grundfläche (Rohstück) durch verschieden angeordnete, aus der Grundfläche zu schneidende Werkstückteile (z. B. Schiffbaubleche) bzw. zur Bestimmung des dabei entstehenden Verschnitts. Dabei wird eine auf lichtdurchlässiges Material gezeichnete, maßstäblich verkleinerte Ausschnittanordnung photoelektrisch abgetastet. Die Ausnutzung bzw. der Verschnitt werden in Prozenten auf einer Skale angezeigt.

Planimetrie, die Ebene → Geometrie.

Planisphäre, die zusammenhängende kartographische Darstellung der gesamten Erdoberfläche, meist mit ovalem Umriß.

Plan Neue Technik, in der sozialistischen Wirtschaft der DDR der obligate Plan für die zielgerichtete Forschung, Entwicklung und Einführung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in allen Wirtschaftszweigen als Bestandteil der komplexen Perspektiv- und Jahrespläne. Auf der Grundlage wissenschaftlich-technischer Konzeptionen und Neuerervorschläge werden im P. N. T. Termine, Aufgaben, Aufwendungen und Nutzen festgelegt, die die komplexe und schnellste Einführung aller konstruktiven, technologischen und organisatorischen Produktionsverbesserungen gewährleisten. Der P. N. T. ist in der sozialistischen Wirtschaft ein Instrument zur planmäßigen Durchsetzung der technischen Revolution.

planparallele Platte, ein von zwei parallelen Ebenen begrenztes optisches Mittel. Die p. P. bewirkt eine Parallelverschiebung schräg auf fallender Lichtstrahlen.

Planscheibe, → Werkstückspanner.

Planschichter, eine hauptsächlich in der Getreidemüllerei zum Trennen (Sichten) der bei den ver-

schiedenen Durchgängen anfallenden Produkte (Schrot, Grieß, Dunst und Mehl) verwendete Siebmaschine. Der P. besteht aus einem Kasten mit mehreren übereinanderliegenden, meist mit Seidengewebe bespannten Sieben. Der Siebkasten wird durch einen Kurbel-, Exzenter- oder Freischwingerantrieb in kreisförmige Schwingungen oder eine hin- und hergehende Bewegung versetzt, wodurch die zu trennenden Teile von Sieb zu Sieb fallen und so gesichtet werden.

Planum, Bezeichnung für die Oberflächen der einzelnen Konstruktionsschichten einer → Straße. **Planzeiger**, ein rechter Winkel mit Strichteilung zur Bestimmung der Koordinaten eines Punktes auf einer Landkarte großen Maßstabes bei Vorhandensein eines → Gitternetzes.

Plasma, 1) Physik: ein Gas, dessen Moleküle durch Ionisation in hohem Grade in Ionen und Elektronen so zerfallen sind, daß sich im Mittel die elektrischen Ladungen gegenseitig kompensieren. Der Ionisierungsgrad, d. i. das Verhältnis der Ionenzahl zur Gesamtzahl der Moleküle, wächst mit der Temperatur an und nimmt mit wachsendem Druck ab. Die physikalischen Verhältnisse in Plasmen sind sehr verwickelt. Bei Gasentladungen unter geringem Druck ist z. B. innerhalb des P.s die Temperatur des Elektronengases von der des Neutralgases verschieden; erstere steigt mit abnehmendem Druck auf ein Vielfaches der Temperatur des Neutralgases an. Beispiele für Plasmen sind elektrische Lichtbögen, positive Säulen von Glühmantelentladungen, Flammen hoher Temperatur (z. B. bei Explosionen), die Ionosphäre, auch außerirdische Objekte, wie etwa das Innere von Fixsternen oder planetarische Nebel. Wichtig sind Plasmen auch bei der Gewinnung thermonuklearer Energie durch Kernfusion.

Durch die elektrischen Kräfte, die zwischen den geladenen Teilchen im P. wirken, erhält der Plasmazustand eine gewisse Stabilität. Bei Lagestörungen können hochfrequente **Plasmaschwingungen** entstehen. Wegen dieser Stabilität, die zu einem Abschluß des P.s gegenüber der begrenzenden Materie führt, und wegen der Tatsache, daß Plasmen erst bei sehr hohen Temperaturen in Erscheinung treten, wird der Plasmazustand gelegentlich als der vierte Aggregatzustand bezeichnet.

Lit. Frank-Kamenetzki: P. — der vierte Aggregatzustand (dtsh Moskau 1964), Vorlesungen über Plasmaphysik (dtsh Berlin 1967); Hertz u. Rompe: Einführung in die Plasmaphysik und ihre technische Anwendung (Berlin 1965); Rompe u. Steenbeck: Ergebnisse der Plasmaphysik und der Gaselektronik (Bd 1, Berlin 1967).

2) Biologie: a) die lebende Substanz jeder pflanzlichen, tierischen und menschlichen Zelle. Es enthält Eiweißstoffe, Lipide, Kohlenhydrate, Fette, Salze, Wasser u. a.; b) der flüssige Bestandteil des Blutes (Blutplasma).

3) Mineralogie: eine Varietät des → Quarzes.

Plasmabrenner, → Schneiden.

Plasmaschmelzverfahren, → Stahlerzeugung.

Plasmatriebwerke, eine Gruppe von elektrischen Raumfahrttriebwerken, → Rakete.

Plastadur, → Plaste, Übers.

Plastaphenal N, Wz., → Redux-Klebsverfahren.

Plastapor, → Plaste, Übers.

Plastaresin, → Plaste, Übers.

Plastbeton, Plastzementbeton, Plastzementmörtel, ein Beton, bei dem neben Zement als zweites Bindemittel eine Plastdispersion, z. B. Polyvinylacetatdispersion (PVA) verwendet wird. Die Zementteilchen werden durch die PVA-Dispersion umhüllt, wobei gleichzeitig die Verfestigung des Zementleimes erfolgt. Der Erhärtungsprozeß ist gegenläufig: Die Hydratation des Zementes erfolgt durch Wasseraufnahme, PVA erhärtet durch Verdunstung des Wassers. Die Druckfestigkeit des P.s ist bei richtiger Dosierung der

Mischung nicht geringer als bei dem üblichen Beton, die Zug- und Haftfestigkeit ist wesentlich höher. Das Schwindmaß des P.s ist aber sehr groß und seine Anwendung deshalb begrenzt; er ist hauptsächlich für Estriche und Reparaturarbeiten geeignet.

Plaste (Tafel 25), *Sing.* der Plast, **Plastwerkstoffe**, im weiteren Sinne Bezeichnung für alle organischen Kunststoffe in Anlehnung an die fremdsprachigen Begriffe plastics (engl.), matières plastiques (franz.) und пластмассы (russ.). Im engeren Sinne wird als P. nur die Gruppe der Kunststoffe bezeichnet, die in bestimmten Temperaturbereichen plastisch sind. P. können folglich innerhalb eines größeren, für jedes Material verschiedenen plastischen Bereichs verformt werden. Demzufolge sind die Fluidoplaste und die Elaste nicht zu den P.n zu rechnen. Aus anwendungstechnischen Gründen werden ferner die synthetischen Faserstoffe (\rightarrow Chemiefaserstoffe) in der Regel nicht den P.n zugeordnet. Die ebenfalls zu den Kunststoffen gehörenden Silikone und die Fluorkarbonate stehen den P.n sehr nahe. Die P. werden eingeteilt in **Thermoplaste**, d. s. nicht härtbare P., die ihre Formbarkeit auch bei mehrmaligem Erwärmen nicht verlieren (z. B. Polyäthylen, Polyamide, Polystyrol und Polyvinylverbindungen), und **Duroplaste**, d. s. härtende oder härtbare P., die während oder nach der Formgebung, manchmal erst nach Zusatz bestimmter Chemikalien zu nicht mehr erweichbaren Stoffen erstarren (z. B. Phenol-, Harnstoff- und Polyesterharze). Der Polymerisationsgrad ist bei den einzelnen P.n sehr unterschiedlich und bewegt sich nach Staudinger in den Grenzen von 10^3 bis 10^6 .

Eigenschaften. Die P. zeichnen sich besonders durch geringe Dichten, gute elektrische Isolierfähigkeit und geringe Wärmeleitfähigkeit aus; sie besitzen häufig einen geringen Reibungskoeffizienten und ein hohes Dämpfungsvermögen; sie sind leicht einfärbbar, form- und verarbeitbar sowie schweiß- und klebbar. Fertigerzeugnisse aus P.n erfordern keinen besonderen Oberflächenschutz, sie sind geruch- und geschmacklos und erfordern nur geringe Wartungskosten. Von Nachteil sind der niedrige Elastizitätsmodul, die geringe Zugfestigkeit, der große Wärmeausdehnungskoeffizient, die Alterung, der niedrige Erweichungs- bzw. Zersetzungspunkt. Der Erweichungsbereich beginnt oft schon bei 80 bis 100 °C, kann aber durch Steigerung des Polymerisationsgrades, Mischpolymerisation, Einbau von anorganischen Atomen und Molekülen und mitunter durch Zusatz mineralischer Füllstoffe heraufgesetzt werden.

Herstellung. 1) Durch *Naturstoffumwandlung* gewinnt man P. hauptsächlich aus Zellulose oder Eiweißstoffen und kann sowohl Duroplaste, z. B. Kunsthorn, als auch Thermoplaste, z. B. Zelluloseester, erhalten.

2) Bei der *Synthese* von P.n stellt man aus Kohle (über Steinkohlenteer, Kohlenmonoxid und -dioxid), Wasser, Luft, Kalk (über Kalziumkarbid), Steinsalz (über Chlor und Chlorwasserstoff) und neuerdings vor allem aus Erdöl und Erdgas zahlreiche organische Grundverbindungen her, die dann durch die Verfahren der Polymerisation, -kondensation oder -addition zu Makromolekülen (Polymeren), dem eigentlichen Plastmaterial, zusammengefügt werden.

a) Die \rightarrow Polymerisation ist das wichtigste Verfahren zur Herstellung von P.n, bei dem ungesättigte Moleküle des gleichen niedermolekularen Stoffes oder ähnlicher niedermolekularer Stoffe miteinander verbunden werden. Die bei dem Einsatz einfach ungesättigter Ausgangsverbindungen entstehenden Makromoleküle stellen Kettenmoleküle dar; solche Polymerisate sind zum überwiegenden Teil Thermoplaste. Polymeri-

sationsfähige Ausgangsstoffe sind in erster Linie Vinylderivate (z. B. Vinylchlorid, -azetat, -benzol), die davon abgeleiteten Akryl- und Methakrylsäureverbindungen (z. B. Akrylnitril und Methakrylsäuremethylester), Alkene (z. B. Äthen, Propen, Isobuten) und zyklische Aminokarbonsäuren (z. B. ϵ -Aminokapronsäure). Verwendet man mehrfach ungesättigte Ausgangsmoleküle, so erhält man auch flächen- und raumvernetzte Polymerisate, die duroplastischen Charakter tragen. Polymerisate lassen sich nahezu mit jeder gewünschten Eigenschaft „nach Maß“ herstellen. Einerseits kann die Beschaffenheit der Endprodukte durch Abwandlung der chemischen Konstitution der Monomeren oder durch nachträgliche chemische Umwandlungen am Polymeren beeinflusst werden. Andererseits ist es möglich, durch Mischpolymerisation voneinander verschiedener Monomere Polymerisate mit besonderen Eigenschaften zu erzeugen. Schließlich können die Eigenschaften und das Aussehen der aus Polymerisaten hergestellten Plastartikel noch durch Zusatz von Hilfsmitteln, wie Weichmachern oder Füllstoffen, abgewandelt werden.

b) Bei der \rightarrow Polykondensation werden die Moleküle niedermolekularer Stoffe unter Abspaltung eines anderen niedermolekularen Stoffes (z. B. Wasser und Alkohol) zu Makromolekülen verknüpft. Werden bei der Polykondensation die Grundmoleküle nur eindimensional zu Ketten verbunden, so entstehen Thermoplaste, z. B. bestimmte Polyamide und bestimmte Polyester. In erster Linie werden durch Polykondensation Duroplaste hergestellt, indem die Grundmoleküle zweidimensional oder dreidimensional untereinander verknüpft werden und so flächen- oder raumvernetzte Polykondensate bilden. Hierher gehören die Phenolharze (Phenoplaste) und die Aminoplaste.

c) Durch \rightarrow Polyaddition werden ebenfalls Moleküle verschiedener niedermolekularer Stoffe, jedoch ohne Abspaltung einer weiteren Komponente, sondern durch molekulare Umlagerung, zu Makromolekülen verbunden. Die Polyaddition ist das jüngste Verfahren, mit dessen Hilfe sowohl Thermoplaste als auch Duroplaste gewonnen werden können (\rightarrow Polyurethane).

d) Als \rightarrow Telomerisation bezeichnet man eine durch freie Radikale ausgelöste, der Polymerisation verwandte Reaktion, die Plastmaterialien mit im voraus bestimmten Endgruppen und bestimmtem Polymerisationsgrad liefert. Manche P. werden nach Verfahren hergestellt, die eine Kombination der genannten Reaktionen darstellen. So gewinnt man z. B. styrolmodifizierte Polyesterharze durch Polykondensation und Polymerisation, während man Epoxidharze durch Polykondensation und Polyaddition erhält.

Verarbeitung. Die Umwandlung der polymeren Rohprodukte in brauchbare P. ist vielfach erst möglich nach Zusatz von Hilfsstoffen, z. B. von Weichmachern, Füllstoffen, Stabilisatoren und Alterungsschutzmitteln, Gleit- und Trennmitteln, Farbstoffen, Trockenstoffen und Antistatika. Man verarbeitet die Plastrohstoffe fast stets unter Verwendung von Wärme und Druck, in Lösung oder als Dispersion. Das *Mischen* der hochpolymeren Rohstoffe mit den benötigten Hilfsstoffen geschieht in Walzwerken, Mischtrommeln und Knetern oder in Rührgefäßen und Kugelmöhlen. Durch *Pressen* werden pulver- oder schnitzelförmige Plastmischungen in Formen gedrückt, oder es werden Rohfolien oder imprägnierte Bahnen zu Platten und Blöcken verpreßt. Durch *Extrudieren* erhält man Profilstränge, Rohre, Folien und Schläuche (\rightarrow Strangpressen, \rightarrow Spritzguß). Als *Kalandrieren* bezeichnet man das Auswalzen des Rohmaterials auf mehrteiligen Walzwerken (\rightarrow Kalandrieren) zu Folien und Bändern. Beim *Ziehen*, *Blasen* oder bei der *Vakuum-*

Veredelte Naturstoffe

1. Zellulose und ihre Verbindungen
 - a) Zellulosehydrat (Zellglas, Vulkanglas)
 - b) Zellulosenitrat
 - c) Zelluloseazetat, -propionat, -azetobutyrat
 - d) Zelluloseäther (Methyl-, Äthyl-, Benzylzellulose)
2. Eiweißderivate
 - Kasein-Formaldehyd-Kondensate (Kunsthorn)
3. Polymere auf Basis pflanzlicher Öle
4. Polymere auf Basis von Naturharzen (Kumaronharz)

Folien, Platten, Schaumstoffe

Spritzgußmassen, Lacke, Filme

Folien, Lacke, Filme

Klebstoffe, Verdickungsmittel

Spritzgußmassen, Lacke, Elektroisolation

Preßmassen

Belegen von Gewebbahnen (z. B. zur Herstellung von Wachstuch, Linoleum), Lacke

Lacke, Klebstoffe

Cellophan (WD)

Zelluloid (international)

Prenaphan, Reilit (DDR); Cellit, Cellon (WD)

Cellutekt (DDR); Tylose (WD)

Galalith (international)

Synthetische Plaste

1. reine Alkenpolymerisate
 - a) Polyäthylen
 - b) Polypropylen
 - c) Polyisobutylen
2. Polymere von Polyhalogenolefinen
 - a) Polytetrafluoräthylen
 - b) Polytrifluormonochloräthylen
3. Polyvinylidenderivate
 - a) Polyvinylalkohol
 - b) Polyvinylester (Polyvinylazetat, -propionat)
 - c) Polyvinyläther
 - d) Polyvinylazetale (Polyvinylformal, -azetal und -butyral)
 - e) Polyvinylbenzol (Polystyrol)
 - f) Polyvinylpyrrolidon
4. Polyvinylhalogenderivate
 - a) Polyvinylchlorid (PVC-hart, -weich und -nachchloriert)
 - b) Polyvinylidenchlorid (meist als Mischpolymerisat mit Polyvinylchlorid)
5. Polyakrylsäurederivate
 - a) Polyakrylate
 - b) Polymethakrylate
6. Polyamide
7. Polyurethane
8. Polyester
 - a) lineare, gesättigte Polyesterharze aus Dikarbonsäuren und Diolen
 - b) gesättigte, vernetzte Polyesterharze (Alkydharze)
 - c) ungesättigte, vernetzte Polyesterharze
 - d) Polykarbonate
9. Epoxidharze
10. Polyformaldehyd
11. Phenoplaste
12. Aminoplaste
 - a) Anilinharze
 - b) Melaminharze
 - c) Dizyandiamidharze
 - d) Harnstoffharze

Spritzgußmassen, Folien, Elektroisolation

Spritzgußmassen, Folien chem. und elektrisches Isoliermaterial, Klebstoffe

Dichtungen, Isolationen

Spritzgußmassen

Verdickungsmittel, Textilhilfsmittel

Klebstoffe, Lacke, Spachtelmassen

Klebstoffe, Lacke, Kaugummi

Lackrohstoffe, Folien, Zwischenschichten für Sicherheitsverbundglas

Spritzgußmassen, Platten, Folien, Schaumstoffe, Elektroisolation

Textilhilfsmittel, Blutkonserven

Folien, Platten, Schaumstoffe, Spritzgußmassen, Klebstoffe, Lacke

Folien, Strangpreßmassen

Lacke, Elektroisolation

Lacke, Spritzgußmassen, Kunstgläser, Dentalmassen

Spritzgußmassen, Folien

Klebstoffe, Lacke, Schaumstoffe, Spritzgußmassen

Lacke

Lacke

Lacke, Gießharze, Schichtpreßstoffe

Spritzgußmassen, Folien, Platten

Gießharze, Lacke, Klebstoffe, Schichtpreßstoffe

Spritzguß- oder Strangpreßformteile

Preßmassen, Schichtpreßstoffe, Leime, Klebstoffe, Lacke

Spezialpreßmassen, Lacke

Preßmassen, Schichtpreßstoffe, Lacke, Leime

Preßmassen, Leime

Preßmassen, Schaumstoffe, Klebstoffe

Ecepolen, Mirathen H und N (DDR); Hostalen, Lupolen H und N (WD)

Hostalen PP, Luparen (WD)

Oppanol B (WD)

Heydeflon (DDR); Hostafon TF (WD)

Eka-fluvin (DDR); Hostafon C 2 (WD)

Mowirol, Polyviol, Vinarol (WD)

Mowilith, Vinnapas (WD)

Lutonal M und A, Oppanol (WD)

Mowital B und F, Pioloform (WD)

Styrofan, Styroflex (DDR); Styropor, Trolitul (WD)

Borkuled, Cowaplast, Decelith, Ekadur, Ekalit, Ekalon, Ekazell, Thermodor (DDR); Lufotan, Trovidur, Vestolit, Vinidur (WD)

Vinitex (DDR); Saran, Vylen (WD)

Polyacrylsäureester Schkopau (DDR); Acronal, Plexigum (WD)

Piacryl, Piaflex (DDR); Plexiglas, Plexidur (WD)

Miramid, Perfol, Polyamid AH

Schkopau (DDR); Durethan, Supramid, Ultramiol (WD)

Dorlon, Durethan U, Moltopren, Vulkollan (WD)

Aceplast, Adipinat, Duxalkyd, Phthalopal, Resenoplast, Superdualkyd (DDR); Alftalat (WD)

Polyester G Schkopau (DDR); Palatal, Polyleit (WD)

Makrolon (WD)

Epilox (DDR); Epikote (WD)

Hostaform (WD)

Bakelite (international); Diphenoplast, Havegit, M-Sconophene, Plastadur, Plastapor, Plastareshin (DDR); Albertole, Beckacite (WD)

Melacoll, Meladur, Meladurol, Sprela-cart (DDR); Resopal, Ultrapas (WD)

Didi-Preßmassen, Didi-Leim (DDR)

Hydrophen. K-Leim, Piadurol, Piatherm (DDR); Beckamin, Iporka, Kaurit-Leim, Plastopal, Pollopas, Urecoll (WD)

verformung werden. Plastplatten oder -folien in der Wärme durch mechanische Einwirkung, Druckluft oder Vakuumherzeugung zu unebenen Körpern, wie Schalen, Dosen, verformt. Beim *Verspinnen* wird das gelöste oder geschmolzene Rohmaterial durch Düsen mit feinen Öffnungen in ein Fällbad (Naßspinnverfahren) oder in heiße Luft, gegebenenfalls auch in ein inertes Gas (Trockenspinnverfahren) zu endlosen Fäden versponnen. Beim *Gießen* wird der gelöste, geschmolzene oder dispergierte Rohstoff in Formen, auf feste Unterlagen oder in Fällbäder zu Tafeln, Blöcken oder Filmen gegossen. Als *Streichen* und *Kaschieren* bezeichnet man das Belegen von Papierbahnen, Textilgut u. a. mit einer Plastschicht. Beim *Tränken* und *Imprägnieren* werden saugfähige Materialien oder auch feste Körper mit einer das Hochpolymere enthaltenden Lösung getränkt oder oberflächlich überzogen. Werden Tauchkörper in eine Schmelze, Dispersion oder Lösung von P.n eingetaucht und wird anschließend der erstarrte Oberflächenfilm als selbständiger Körper abgezogen, so spricht man vom *Tauchen* oder *Tauchschmelzen*. Beim *Sprühen* und *Spritzen* (→ Plastspritzen) wird die Lösung oder Schmelze von P.n mit einer Spritzpistole auf Gegenstände aufgetragen, wobei sich ein schützender Überzug (Lack) ausbildet. Durch *Schäumen* kann man poröse Produkte, die → Schaumkunststoffe, herstellen. Folien, Gußstücke, Preßlinge und Formteile aus P.n können geklebt und geschweißt werden. Starre Produkte sind weitgehend einer nachträglichen mechanischen spanabhebenden Bearbeitung, wie Sägen, Bohren, Schneiden, Fräsen, Zerspanen, Polieren, Stanzen und Feilen, zugänglich.

Bedeutung und Verwendung. Hauptanwendungsgebiet der P. — etwa 80 % der Erzeugung — ist der Bereich der Technik. In der Elektrotechnik verwendet man aus P.n hergestellte Isolierlacke, Tränk- und Imprägniermittel, Isolierrohre, Gehäuse, Kondensatoren, Schalter, Steckdosen, Drehknöpfe, Griffe u. a. Im Maschinenbau werden Plastwerkstoffe eingesetzt für Gleitlager und -buchsen, Wälzlagerkäfige, geräuscharme Zahnräder, Schrauben und Muttern, Dämpfungsglieder, Flügel- und Schaufelräder, Rollen, Gehäuse, Bedienungsteile, Behälter, Rohre, Ventile, Schieber und Absperrhähne, Dichtungen, Manschetten, Treibriemen und viele andere Einzelteile. Im Apparate- und Rohrleitungsbau benutzt man P. besonders zum Oberflächenschutz gegen Korrosion. Bei Kraftfahrzeugen werden Fußbodenbeläge, Wand- und Deckenverkleidungen, mitunter gesamte Karosserien aus Plastwerkstoffen hergestellt. Auf Schiffen werden Wände, Türen, Wand- und Deckenverkleidungen aus Plastplatten eingebaut. Auch Teile der Lüftungseinrichtungen, Rohrleitungen, Schiffsfenster, Rettungsboote und Rettungsringe stellt man heute aus P.n her; Schwimmwesten werden mit Plastschaum gefüllt. Große Bedeutung haben im Fahrzeugbau auch Schaumkunststoffe erlangt. Im Bergbau bevorzugt man Förderbänder aus PVC, da sie schwer brennbar sind, und Lutterrohre aus PVC-weich-Folie wegen ihrer geringen Dichte. Zur Ableitung von aggressiven Grubenwässern haben sich Rohre aus Polyäthylen und PVC-hart bewährt. Im Bauwesen findet man Plastplatten als Wand- und Deckenverkleidungen, Dachhäute aus PVC-weich-Spezialfolien, Dachabdeckungen, Balkonverkleidungen, Wasserrohre mit zugehörigen Armaturen aus PVC-hart und Polyäthylen, Betonverschalungen aus Schichtpreßstoffen, Folienabdeckungen als Witterungsschutz und Dachrinnen aus PVC-hart. Es werden neuerdings Häuser und Brücken völlig aus P.n konstruiert, wobei glasfaserverstärkte Polyesterharze als Baumaterial dienen. Plastdispersionen dienen

als Betonzusatz (Plastbeton, Plastzementmörtel). Auch Lichtbänder (z. B. endlose Leuchstoffsrohre) werden aus P.n hergestellt.

Aus 20 % der erzeugten P. stellt man Gebrauchsgüter her, z. B. Taschen, Beutel und andere Behältnisse, Möbelbezugsstoffe, Leuchtenbespannungen, Tischdecken, Gardinen und Fahnen, ferner Tapeten, farbige Fußbodenbeläge und abwaschbare, kratz- und glutfeste Wand- und Möbelplatten aus Folien, wasserdichte Bekleidungen und Arbeitsschuhe, Spielzeug, Flaschen, Eimer, Dosen, Knöpfe, Schnallen, Reißverschlüsse und verschiedene Toilettenartikel aus Polyamiden, Polystyrol, Polyäthylen, Aminoplasten u. a. In großem Umfang werden P. auch im Verpackungswesen verwendet, z. B. für durchsichtige Folien in Form von Tüten, Beuteln und Säcken für Nahrungs- und Genußmittel, Textilien (als Mottenschutz), Chemikalien und andere Schüttgüter. Plastauskleidungen von Kisten und Fässern schützen die Transportgüter vor Feuchtigkeit und anderen schädigenden Einflüssen (→ Korrosionsschutz). In den letzten Jahren hat man erkannt, daß sich P. zum Messen radioaktiver Strahlen verwenden lassen, da sie unter Einwirken dieser Strahlen ihre Eigenschaften ändern. Bereits 1964 überschritt die Weltproduktion von P.n die 10-Millionen-Tonnen-Grenze.

Lit. Escales u. Römer: Kunststoff-Verarbeitung (München 1955/57); Hamann: Die Chemie der Kunststoffe (Berlin 1960); Heinrich: Grundsätze der Plastanwendung (Leipzig 1966); Hildebrand: Der Baustoff Plast (2. Aufl. Berlin 1966); Holzmüller u. Altenburg: Physik der Kunststoffe (Berlin 1961); Houwink: Grundriß der Technologie der synthetischen Hochmolekularen (Leipzig 1962); Chemie und Technologie der Kunststoffe (2 Bde, 3. Aufl. Leipzig 1959); Jungnickel u. Wippenhohn: PVC-Kunststoffe für Industrie und Handwerk (3. Aufl. Leipzig 1959); Just: Es geht nicht ohne P. (Leipzig 1963); Mandler: Duroplaste (Halle 1959); Meyer u. Mark: Makromolekulare Chemie (Leipzig 1950); Nitsche u. Wolf: Struktur und physikalisches Verhalten der Kunststoffe (Berlin 1962); Papst, Saechting, Zebrowski: Kunststoff-Taschenb. (14. Aufl. München 1959); Quoos: Gesundheitsgefahren in der Kunststoffindustrie (Leipzig 1959); Reicherdt: Wie entstehen P.? (Leipzig 1961); Runge: Einführung in die Chemie und Technologie der Kunststoffe (3. Aufl. Berlin 1963); Saechting: Die Herkunft der Kunststoffe (2. Aufl. München 1957); Kunststoffbestimmungstafel (2. Aufl. München 1959); Schaefer: Einführung in das Kunststoffgebiet (Leipzig 1953); Schrader: Kunststoffe — P. (3. Aufl. Leipzig 1963); Die Kunststoffverarbeitung und -schweißung (7. Aufl. Leipzig 1967); G. Schulz: Die Kunststoffe, eine Einführung in ihre Chemie und Technologie (München 1964); Schwarz u. Schlegel: Metallkleben und glasfaserverstärkte Kunststoffe (Berlin 1961); Späth: Beiträge zur Technologie der Hochpolymeren. Gummi und Kunststoffe (Stuttgart 1956); Stoeckert: Kunststoff-Lexikon (2. Aufl. München 1958), P. (Berlin 1958); Thinius: Hochpolymere (Leipzig 1952); Wandenberg: Kunststoffe, ihre Verwendung in Industrie und Technik (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955); Wende, Moebes, Marten: Glasfaserverstärkte P. (Leipzig 1963); Vollmert: Grundriß der makromolekularen Chemie (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962); Chemie und Technologie der Kunststoffe, Bd I: Chemische und physikalische Grundlagen der Kunststoffe (4. Aufl. Leipzig 1962), Bd II Teil 1 und 2: Industrielle Herstellung und Eigenschaften der Kunststoffe (4. Aufl. Leipzig 1963), Bd III: Typisierung und Prüfung der Kunststoffe (4. Aufl. Leipzig 1963); Kunststoffe in der Medizin (Leipzig 1955); Kunststoff-Handb. (12 Bde München, ab 1962); Hildebrand: Taschenb. der Plastaustoffe (Berlin 1967); Sors: Werkzeuge für die Plasterverarbeitung (dtsch Berlin 1967).

Ztschr.: P. und Kautschuk (Berlin); Makromolekulare Chemie (Heidelberg); Kunststoffe (München); Kunststoff-Rundschau (Hamburg).

Plastifikatoren, svw. → Weichmacher.

Plastikator, eine als Weichmacher verwendete Substanz, die speziell unvulkanisierten Kautschuk bildsam und formbar macht. Die P.en sind meist Öle, Paraffine, Bitumen, aber auch künstlich hergestellte Weichmacher, z. B. höhermolekulare Ester, sowie Chemikalien, z. B. Thio-phenol, die bei höherer Temperatur einen direk-

ten Molekülabbau bewirken. Bei den Ölen verwendet man etwa 5 bis 20 % (bezogen auf Kautschuk), während bei den chemischen Hilfsmitteln je nach Wirksamkeit nur 0,25 bis 2 % angewandt werden.

plastischer Film, → Raumfilmverfahren.

plastisches Holz, eine im Ausgangszustand plastische Masse aus Holzmehl und Bindemitteln, meist Zelluloseestern. P. H. dient zum Ausbessern von Möbelschäden (u. dgl.); es läßt sich nach dem Erhitzen färben (aber schlecht beizen), schleifen und polieren.

Plastizität, die Fähigkeit eines Festkörpers zur bleibenden (plastischen) Formänderung vor Eintritt des Bruches. Meist ist nicht die gesamte Formänderung plastisch, sondern enthält elastische Anteile (→ Elastizität). Steigt der elastische Anteil mit der Größe der Formänderung, spricht man von **Verfestigung**. Praktisch treten plastische Verformungen erst oberhalb einer bestimmten Belastung auf (Elastizitätsgrenze).

Plastorama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Plastspritzen, Kunststoffflamspritzen, Kunststoffwärmespritzen, Wärmespritzen von Thermo-plasten, ein Verfahren zum Aufspritzen von Plasten als Oberflächenschutz vorwiegend von Metallen. Der pulver- oder pastenförmige Plast, z. B. Polyäthylen, Polyvinylchlorid, wird mit einer Spritzpistole in einem Flammenkranz einer Brenngas-Druckluft-Flamme angeschmolzen und auf die entsprechend vorbereitete, reine und raue Oberfläche geschleudert. Es bildet sich eine gut haftende Plastschicht von 0,3 bis 2 mm Dicke, die den Grundwerkstoff vor Korrosion schützt. Die Schicht verfügt auch über gute Isolationseigenschaften.

Lit. Kretzschmar: Metall-, Keramik- und Plastspritzen (Berlin 1963).

Plastspritzguß, → Spritzguß.

Plating-Verfahren, → Reformieren.

Platin, Symbol Pt, chemisches Element aus der VIII. Nebengruppe des Periodensystems, der Hauptvertreter der Gruppe der Platinmetalle, ein Edelmetall; Ordnungszahl 78, Massenzahlen der Isotope 195, 194, 196, 198, 192 und 190, Atomgewicht 195,09 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist II, IV, seltener I, III, VI, D. 21,45 g cm^{-3} , F. 1773 °C, Kp. 4300 bis 4400 °C. P. ist grauweiß, glänzend, sehr geschmeidig, hämmer- und walzbar, ausziehbar zu feinstem Draht. Von Sauerstoff und allen Säuren – außer Königswasser – wird P. nicht angegriffen. P. hat ein großes Lösungsvermögen für Wasserstoff, besonders in feinverteilter Form als **Platin schwamm**, in Form eines feinen Pulvers als **Platinmohr**, feinverteilt auf Asbest niedergeschlagen als **Platinasbest** oder in einer kolloiden wäßrigen Suspension als **Platin sol**. Der adsorbierte Wasserstoff ist aktiviert, darauf beruht die katalytische Wirkung des P.s. P. kommt wie Gold gediegen vor, und zwar auf Seifen und in Flußsanden, meist zusammen mit anderen Platinmetallen sowie mit Fe, Pb, Ag und Au. Die wichtigsten Seifen befinden sich im Ural. Reine Platinerze sind Sperryolith und Kooperit, die jedoch nur selten vorkommen. Die Hauptmenge an P. wird nach verschiedenen Verfahren aus platinhaltigen Erzen anderer Metalle gewonnen. P. wird verwendet zur Herstellung von Schmucksachen, Laborgeräten, z. B. Schmelztiegeln und Schalen, von Drähten, Elektroden, galvanischen Elementen, physikalischen Geräten (z. B. Pyrometer), Kontakten in der Schwachstromtechnik und in der Zahntechnik. Da P. den gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie Glas hat, läßt es sich dicht in Glas einschmelzen und dient dort als Elektrode in chemischen und physikalischen Glasapparaturen. Als Katalysator ist P. vor allem für Hydrierung, Dehydrierung und Refor-

mieren wichtig, außerdem für Oxydationsreaktionen. Häufig wird P. legiert mit einem anderen Platinmetall verwendet. Härtung und Minderung der Säurelöslichkeit sowie der Wärmeausdehnung bewirkt Iridium. Platin-Rhodium-Legierungen dienen zur Herstellung von Thermoelementen, Platin-Palladium-Legierungen für Schmucksachen, Platin-Gold-Silber-Legierungen teilweise noch für Zahnfüllungen, Gold-Platin- und Gold-Platin-Silber-Legierungen als Spinnndrüsen für synthetische Fasern. Platinsalze werden bei der Herstellung keramischer Erzeugnisse als Glasurfarbe verwendet.

Die wichtigste Verbindung ist die **Platinchlorwasserstoffsäure (Hexachloroplatinsäure)**, $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; sie bildet braunrote oder orangefarbene, leicht zerfließliche Prismen und dient zur Herstellung anderer Platinsalze und von Platinasbest.

Platine f, 1) Metallurgie: vorgewalzter Flachstahl unterschiedlicher Länge mit einem hohen Verhältnis von Breite zu Durchmesser, der auf einem Blechwalzwerk zu Mittel- oder Feinblech ausgewalzt wird. Standardisiert sind P.n in folgenden Abmessungsbereichen: Dicke 8 bis 60 mm, Breite 180 bis 300 mm, Länge 2000 bis 9000 mm.

2) Umformtechnik: ein ebenes, aus Blech ausgeschnittenes Formteil, das durch Umformen weiterbearbeitet wird. Eine runde P. bezeichnet man als **Ronde**, sie dient z. B. als Ausgangsmaterial beim Hülsenfließpressen.

3) Weberei: ein Hebel mit Nase oder ein Stahldraht mit Haken bei der → Schaftmaschine und bei der → Jacquardmaschine.

4) Wirkerei: ein Stahlplättchen, das den Faden zwischen die Nadeln schiebt und zu Schlingen formt (**Kullierplatine**), die Fadenschlinge unter die Nadelspitze bringt, die Masche über die Nadel abschlägt (**Abschlagplatine**).

Platin, eine Eisen-Nickel-Legierung mit 50 % Eisen und 50 % Nickel. Sie hat den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie Glas und Platin und wird als → Einschmelzlegierung verwendet.

Platinmetalle, die in der VIII. Nebengruppe des Periodensystems stehenden Elemente Ruthenium, Rhodium, Palladium (leichte P.) und Osmium, Iridium, Platin (schwere P.). Die P. weisen ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften auf. Sie haben hohe Schmelzpunkte, hohe Dichten, zeichnen sich durch eine gute Komplexbildungstendenz aus und gehören zu den → Edelmetallen. In der Natur kommen die P. meist gemeinsam vor und werden nach Aufbereitung mittels verschiedener Verfahren getrennt.

Platte, 1) Statik: ein dünnes, ebenes Tragwerk. Es wird nur mit Kräften belastet, die senkrecht zur Plattenebene stehen (im Unterschied zur Scheibe). Ist eine P. hinreichend dünn, so wird sie nur durch Biegespannungen und Scherspannungen beansprucht (Kirchhoffsche P.). Unter Belastung tritt eine Verwölbung der Mittelfläche auf. Die Berechnung der Spannungen erfolgt mit den Mitteln der Elastizitätslehre. Die Elastizitätslehre zeigt, daß die Durchbiegungen $w(x, y)$ der mit einer Flächenlast $q(x, y)$ belasteten P. der Plattengleichung gehorchen. Die

$$\text{Plattengleichung lautet } \Delta \Delta w = \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q(x, y)}{K}; K \text{ ist die Plattensteifigkeit}$$

$$= \frac{E t^3}{12(1 - \mu^2)}, \text{ wobei } E = \text{Elastizitätsmodul,}$$

μ = Poissonsche Konstante, t = Plattenstärke. Bei der Aufstellung der Gleichung ist darauf zu achten, daß die Randbedingungen (Art der Belastung und Stützung) erfüllt sind.

Die Momente, Querkräfte und Spannungen in der P. können dargestellt werden als Funktionen von partiellen Ableitungen der Durchbiegung $w(x, y)$.

Plattenbandförderer

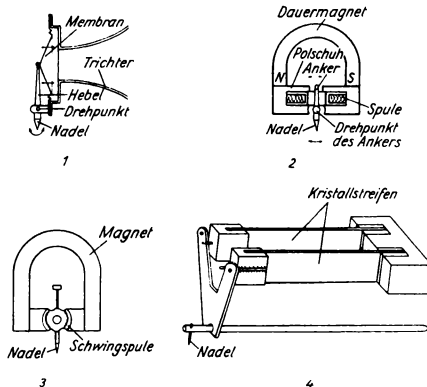
2) Bauweisen: → Bauplatten und Furnierplatten (→ Holz).

Plattenbandförderer, ein → Gliederbandförderer.

Plattenbauweise, → Großplattenbauweise, → Holzbauweise.

Plattenspieler, Gerät zur Rückverwandlung der auf einer Schallplatte gespeicherten Schallaufzeichnungen. Diese werden entweder unmittelbar in hörbaren Schall umgewandelt oder in tonfrequente Wechselspannung, die dann mittels Verstärker und Lautsprecher hörbar gemacht werden kann.

Der P. besteht aus einem mittels Elektromotor oder Federwerk gedrehten **Plattenteller**, auf den die Schallplatte aufgelegt wird, und dem über der Schallplatte befindlichen schwenkbaren **Tonarm** mit einem elektrischen **Tonabnehmer** oder einer Schalldose. Tonabnehmer oder Schalldose tasten mittels einer Stahl- oder Edelsteinnadel (Saphir, Diamant) die Rille der Schallplatte ab.



Plattenspieler: 1 Schalldose, 2 elektromagnetischer Tonabnehmer, 3 elektrodynamischer Tonabnehmer, 4 Stereotonabnehmer

Bei der kaum noch verwendeten **Schalldose** werden die beim Abtasten entstehenden mechanischen Schwingungen der Nadel mit einem Hebel auf eine Membran übertragen, die in der angrenzenden Luft Schallwellen erzeugt. Diese werden von einem Trichter lautstark abgestrahlt. Die gebräuchlichen elektrischen Tonabnehmer sind elektromagnetische Tonabnehmer, Kristalltonabnehmer, elektrodynamische Tonabnehmer. Bei **elektromagnetischen Tonabnehmern** versetzt die Nadel einen leichten Eisenanker in Schwingungen. Dadurch verändert sich der magnetische Fluß eines Dauermagneten. Dieser schwankende Fluß induziert in einer feststehenden Spule eine entsprechende Wechselspannung, die in einem Verstärker (z. B. Niederfrequenzteil eines Rundfunkempfängers) verstärkt und einem Lautsprecher zugeführt wird. Der **Kristalltonabnehmer** erzeugt die elektrische Spannung mit Hilfe eines Piezokristalls (z. B. Seignettesalz oder Bariumtitanat), der von den Schwingungen der Nadel verbogen oder verdreht wird. Bei **elektrodynamischen Tonabnehmern** entsteht die Spannung durch Induktion in den Windungen einer Spule, die von der Abtastnadel in einem stillstehenden Magnetfeld bewegt wird.

Für die Wiedergabe von stereophonischen Schallplatten benutzt man den **Stereotonabnehmer**, der zwei den beiden Bewegungskomponenten des Abtastsaphirs entsprechende Spannungen abgibt. Die Spannungen werden nach getrennter Verstärkung je einem rechts und links vor dem Zuhörer aufgestellten Lautsprecher zugeführt. Die Wiedergabe erzeugt einen räum-

lichen Eindruck, d. h., der Zuhörer kann die Richtung angeben, aus der die einzelnen Schallquellen (z. B. die Instrumente eines Orchesters) zu hören sind.

Der **Plattenwechsler** ist ein P., der automatisch mehrere Schallplatten (z. B. **Zehnplattenspieler**) ein- oder beidseitig abspielt. Bei den modernen Plattenspielern und -wechslern läßt sich die Drehzahl des Plattentellers auf die 4 genormten Werte 78, 45, 33 $\frac{1}{3}$ und 16 $\frac{2}{3}$ Umdrehungen je Minute einstellen; sie enthalten sehr leichte, plattenschonende Tonabnehmer mit zwei wahlweise einzuschaltenden Diamant- oder Saphirnadeln, von denen eine besonders spitz angeschliffen ist und zum Abspielen von Mikrorillenplatten dient. Der **Plattenspielerautomat** (Musicbox) ist ein → Münzautomat, der neben einem großen Vorrat an Schallplatten (Karussell oder Schiebebühne mit 25 bis 100 Platten) eingebaute Verstärker und Lautsprecher besitzt. Nach dem Einwurf von Geldmünzen spielt er automatisch die gewünschte Schallplatte ab. Die Auswahl erfolgt durch Drücken der entsprechenden Taste des Vorauswahlregisters. Man kann je nach Fabrikat unterschiedlich viele Platten gleichzeitig vorwählen, die dann nacheinander abgespielt werden.

Plattieren, das Vereinigen von zwei oder mehr Metallschichten (Grundmetall und Deckwerkstoff) zu → Verbundwerkstoffen. Das P. dient dazu, die positiven Eigenschaften des Grundmetalls (z. B. Festigkeit) mit den positiven Eigenschaften des Deckwerkstoffes (z. B. Korrosionsbeständigkeit, elektrisches Kontaktverhalten) zu vereinigen. Üblich ist z. B. das P. von Stahl oder Leichtmetallen als Grundmetall mit Aluminium, Kupfer, Nickel, Edelmetallen, Sonderstählen als Deckwerkstoff, auch von Kupfer- oder Silberlegierungen mit Gold (→ Doublé). Das P. erfolgt durch Verbundguß oder **Gußplattieren**, z. B. bei der Herstellung von Sonderstahlbrammen, durch **Lötplattieren** (Verbinden der Metallschichten durch metallische Bindemittel) oder durch Walzschweißen oder **Walzplattieren** (Aufeinanderwalzen von oxidfreien Bändern oder Platinen bei Schweißtemperatur).

Lit. Weinhold: Plattierte Werkstoffe (Leipzig 1952). **plattiert**, Bezeichnung für ein Gewirke, das aus zwei in Material und/oder Farbe verschiedenen Fäden hergestellt ist, die gemeinsam so verarbeitet sind, daß nur ein Faden sichtbar ist. **Playback-Verfahren** [englisch, 'Rückspiel-Verfahren'], ein in der Film- und Fernsehtechnik hauptsächlich bei Sprech-, Gesangs- und Tanzszenen angewendetes Aufnahmeverfahren, bei dem die Bildaufzeichnung zeitlich nach der bereits vorliegenden Schallaufzeichnung erfolgt. Die Tonaufnahme kann daher in einem akustisch besonders geeigneten Tonstudio vorgenommen werden. Bei der Bildaufzeichnung wird über Lautsprecher der zuvor aufgenommene Ton wiedergegeben, nach dem die Schauspieler dann ihre Gebärden und Mundbewegungen richten.

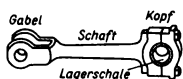
Das P. wird angewendet, wenn es nicht möglich ist, Bild und Ton gleichzeitig aufzunehmen, z. B. bei Atelier- oder Außenaufnahmen mit störenden Nebengeräuschen, ferner wenn die Darsteller bei schnellen Bewegungen (z. B. Tanz) am einwandfreien Sprechen oder Singen gehindert werden oder wenn das Mikrophon den Bewegungen nicht entsprechend schnell folgen kann.

Pleistozän, → Quartär.

p-Leitung, → Halbleiter.

Pleochroismus, die Eigenschaft mancher nicht regulärer, farbiger Kristalle, in verschiedener Richtung verschiedenfarbiges Licht durchzulassen.

Pluevestange, Schubstange (Abb.), Stange mit zwei Umfassungsköpfen, die bei Kolbenmaschinen



Pluevestange

die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens auf die Kurbelwelle überträgt und so in eine drehende Bewegung umwandelt.

Plexiglas, → Plaste, Übers.

Plexigum, → Plaste, Übers.

Pließten, → Polieren.

PLM, → Impulsmodulation.

Plotter, → Peripheriegerät.

Plumbikon, eine Bildaufnahmehöhre, die ähnlich dem Vidikon aufgebaut ist. Das P. unterscheidet sich von diesem durch die Verwendung von Bleioxid für die Photohalbleiterschicht, die als Photodiode ausgebildet ist. Auf der Speicherplatte ist eine dünne *n*-leitende Schicht aufgebracht, der eine dicke eigenleitende Schicht und eine *p*-leitende Schicht folgen (→ *pn*-Übergang). Die Trägheit des P.s ist wesentlich geringer als die des Vidikons. Das vom P. abgegebene Bildsignal ist in weiten Grenzen der Beleuchtungsstärke proportional, sein Dunkelstrom ist wesentlich geringer als beim Vidikon. Das P. wird hauptsächlich beim Farbfernsehen benutzt.

Plunger, svw. Tauchkolben, → Kolben.

plus, mehr, zuzüglich; Zeichen: +; dient als Rechenzeichen für die Addition, z. B. in 3 + 4, sowie als Vorzeichen für positive Zahlenwerte, z. B. +3. Gegensatz: → minus (−).

Pluto, der sonnenfernste Planet, Zeichen P. Bemerkenswert ist die große Exzentrizität seiner Bahn (0,249) und deren starke Neigung zur Ekliptik (17° 9'). Infolge der Exzentrizität schwanken die Entfernungen des P. von der Sonne zwischen 7380 und 4440 Millionen km, d. s. 49,3 und 29,7 AE (astronomische Einheiten), so daß er sich im Perihel innerhalb der Neptunbahn befindet. Die Umlaufzeit beträgt 248,4 Jahre, die Rotationszeit ist noch unbekannt. P. gehört zu den erdähnlichen Planeten. Entdeckt wurde P. 1930 von C. Tombaugh. Weiteres → Planet, Übers.

Pluton, ein magmatischer Tiefengesteinskörper. Erst durch Verwitterung und Abtragung der ihn bedeckenden Gebirge oder Sedimente wird er an der Erdoberfläche erkennbar. Die so freigelegten P.e, z. B. der des Brockens mit 135 km², der ostafrikanische Zentralgranit mit 250 000 km², sind von sehr unterschiedlicher Ausdehnung. Nach der räumlichen Gestaltung der P.e unterscheidet man 1) **Batholithen**, die in unregelmäßiger Weise Räume von oft riesigen Ausmaßen füllen; 2) **Lakkolithen**, d. s. zwischen Sedimente eingedrungene Eruptivgesteinsmassen, deren Grenzflächen unten mehr eben, nach oben in Schichtpaketen uhrglasartig gewölbt sind; 3) **Stöcke**, d. s. ausgedehnte und unregelmäßig gestaltete Gesteinskörper, die in charakteristischer Weise das Nebengestein mit steilen Wänden durchsetzen.

Plutonismus, → Magma.

Plutonic, svw. Tiefengestein, → Gestein.

Plutonium, Symbol Pu, radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der → Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 94, Massenzahlen der bekannten Isotope 232 bis 246 (das stabilste Isotop ²⁴⁴Pu hat eine Halbwertszeit von 7,5 · 10⁷ Jahren), Wertigkeit meist IV, seltener III, V, VI, D. 19,7 g cm⁻³, F. 640 °C. P. ist ein silberweißes, unedles Metall. Es ist unlöslich in konzentrierter Schwefelsäure, Salpetersäure und Eisessig, leicht löslich in Salzsäure. P. wurde 1940 von den Amerikanern Seaborg, McMillan, Wahl und Kennedy in Form des Isotops ²³⁸Pu bei der Beschließung des Urans 238 mit Deuteronen entdeckt. Dieses Isotop zerfällt unter Aussendung von α-Strahlen in das Uranisotop ²³⁴U. Das Isotop ²³⁹Pu, ebenfalls ein α-Strahler, wird technisch im Plutoniumreaktor als Folgeprodukt der Bestrahlung von ²³⁸U mit langsamen Neutronen gewonnen. Es unterliegt bei Bestrahlung mit langsamen Neutronen einer

Ketten-Spaltreaktion; bei Überschreitung der kritischen Menge von 10 bis 30 kg explodiert es mit ungeheurer Wucht und furchtbarer Wirkung (Mißbrauch in → Kernwaffen). In der Natur kommt es in der Pechblende und im Karnotit in verschwindend geringer Menge vor. Aus ²³⁹Pu kann man Curium und Fermium gewinnen.

Pluvialzeit, eine den Eiszeiten des Pleistozäns gleichlaufende Erscheinung in den nicht vereisten Gebieten. Die P. ist gekennzeichnet durch erhöhte Niederschläge, womit kräftige Erosionswirkung, höherer Wasserstand von Seen (nachgewiesen durch jetzt hochliegende Strandterrassen) und größere Ausdehnung der Gebirgsgletscher verbunden waren.

pm, 1) Kurzfr. für Picometer, → Meter. 2) Kurzfr. für → Pondmeter.

Pm, Symbol für → Promethium.

PM, 1) Abk. für Phasenmodulation (→ Modulation). 2) Abk. für Pulsmodulation (→ Impulsmodulation).

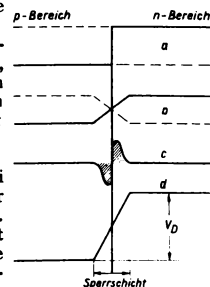
pneumatische Förderer, Fördermittel zum stetigen Transport von trockenen, leicht fließenden, kleinstückigen (körnigen) bis staubförmigen Schüttgütern in geschlossenen Rohrleitungen mittels Luft als Trag- und Treibmittel. Man unterscheidet Saug- und Druckluftanlagen. **Saugluftanlagen** bestehen aus Rohrleitungen, Abscheidern, einem Filter und Sauggebläse (Kreisel- oder Drehkolbengebläse); sie arbeiten mit Unterdruck von 0,4 bis 0,7 bar. Saugluftanlagen können das Fördergut an mehreren Stellen mit Saugtrichtern oder Saugrüsseln selbsttätig aufnehmen, aber nur an einer Stelle wieder abscheiden. Die Trennung des Fördergutes von der von der Pumpe erzeugten Saugluft erfolgt in Behältern (Abscheider) durch die plötzliche Querschnittserweiterung der Rohrleitung, die in den Abscheider führt. Das Fördergut fällt aus dem Luftstrom und wird aus dem Abscheider durch Schleusen ausgetragen. Der sich an den Abscheider anschließende Filter trennt die Saugluft von noch nicht abgeschiedenen Staubteilchen. Der Förderstrom beträgt bis 5 · 10³ kg/h bei Förderlängen bis zu 500 m und Förderhöhen bis 50 m. Er nimmt auf Grund der dynamischen Druckverluste mit zunehmender Förderlänge und Förderhöhe ab. **Druckluftanlagen** bestehen aus einem → Gebläse, einer Schleuse (Injektor, Zellenrad, Schnecke) zum Aufgeben des Fördergutes, Rohrleitungen und Abscheidern; sie arbeiten mit → Druckluft bis 15 bar. Das Fördergut kann nur an einer Stelle, der Schleuse, aufgegeben, aber an mehreren Stellen, den Abscheidern, abgegeben werden.

P. F. werden zum Be- und Entladen von Schiffen, Waggons, Behältern und Bunkern verwendet, sie dienen vor allem zum Transport von Getreide, Mehlprodukten, Kohle, Zement sowie von Versatzmaterial unter Tage.

Sonderbauformen der p.n. F. sind Rohrpostanlagen, ferner **pneumatische Förderinnen**, d. s. allseitig geschlossene Rinnen, bei denen Luft mit einem Druck von 1,1 bis 1,4 bar durch eine poröse Schicht geblasen wird. Sie dienen zur Transport von leichtfließendem Fördergut.

pneumatolytische Phase, → Differentiation.

pn-Übergang, der Übergang zwischen zwei Halbleiterzonen (→ Halbleiter) mit verschiedener Dotierung (Verunreinigung). So kann man z. B. einen Germaniumeinkristall zur Hälfte mit Elektronenakzeptoren und zur anderen Hälfte mit Elektronendonatoren dotieren. Dabei entstehen zwei Zonen mit unterschiedlichen elektronischen Zuständen. Die gesamte Schicht, die durch diese Zustände charakterisiert ist, nennt man **Sperrschicht**. Der pn-Ü. umfaßt außer der Sperrschicht noch je eine dünne Schicht der an die Sperrschicht anschließenden beiden Zonen (der *p*- und der *n*-Zone). In der *p*-Zone sind als



pn-Übergang. a Konzentrationsverlauf vor Berührung, b Konzentrationsverlauf nach Berührung, c Raumverteilung, d Potentialverlauf; V_D Diffusionsspannung

Majoritätsladungsträger Löcher vorhanden, deren positive Ladungen durch die Ladungen der negativen Akzeptorionen ausgeglichen werden. Die Akzeptorionen entstehen, indem die Akzeptor-Atome aus dem Gitterverband Valenzelektronen aufnehmen. Die *n*-Zone, die mit Donatoren dotiert ist, enthält als freibewegliche Ladungsträger Elektronen (Minoritätsladungsträger). Die negativen Ladungen dieser Elektronen halten den positiven Ladungen der Donatorionen das Gleichgewicht. Der Kristall ist somit nach außen hin elektrisch neutral. Durch den Einfluß der Schwirrbewegungen, die die Atomkerne auf Grund der vom absoluten Nullpunkt abweichenden Temperatur ausführen, sind die beweglichen Ladungsträger, also die freien Elektronen in der *n*-Zone und die beweglichen Löcher in der *p*-Zone, in ständiger unregelmäßiger Zickzackbewegung. Dabei diffundieren Löcher aus der *p*-Zone in die *n*-Zone und Elektronen aus der *n*-Zone in die *p*-Zone, wobei sich die *p*-Zone gegen die *n*-Zone negativ auflädt. Die Spannungstufe, die sich zwischen *p*- und *n*-Zone ausbildet, hat eine endliche Breite, mit der sie sich in beide Zonen hinein erstreckt. Innerhalb der Stufenbreite besteht in der *p*-Zone eine negative und in der *n*-Zone eine positive Raumladung. Die Raumladungsdichten sind vom Dotierungsgrad abhängig. Der *pn*-Ü. stellt das wesentliche Grundelement bei der Diode und dem Gleichrichter dar. Beim Transistor benötigt man zwei Sperrschichten, d. h. zwei Übergänge in der Reihenfolge *pnp* oder in der Reihenfolge *npn*.

Po, Symbol für → Polonium.

Podsol, **Bleicherde**, ein Bodentyp, bei dem der Oberboden unter einer Rohhumusdecke bleicht und ausgelaugt ist. Der Rohhumus bildet sich bei verlangsamer Zersetzung der organischen Substanz im feuchten Klima. Die entstehenden Mineral- und organischen Säuren bewirken den hydrolytischen Zerfall der Tonminerale. Aluminium und das färbende Eisenoxidhydrat werden aus dem Oberboden ausgewaschen, im Unterboden wird Eisenhumat angereichert; es bildet sich Ortstein. P. ist vor allem in sandigen Böden weit verbreitet.

Poescheling, → Ballon.

Poise, Kurz. **P**, nach dem französischen Arzt J. L. Poiseuille benannte gesetzliche Einheit der dynamischen Viskosität. $1 \text{ P} = 10^{-1} \text{ N s m}^{-2}$ (Newtonsekunde/Quadratmeter). **Dekapoise**, Kurz. **dAP**, $= 10 \text{ P}$; **Kilopoise**, Kurz. **kP**, $= 10^3 \text{ P}$; **Megapoise**, Kurz. **MP**, $= 10^6 \text{ P}$; **Zentipoise**, Kurz. **cP**, $= 10^{-2} \text{ P}$; **Millipoise**, Kurz. **mP**, $= 10^{-3} \text{ P}$; **Mikropoise**, Kurz. **μP**, $= 10^{-6} \text{ P}$.

Pol, 1) Astronomie: der Durchstoßpunkt der Rotationsachse der Erde durch die Erdoberfläche (**Nordpol** und **Südpol**). Als **Himmelspole** bezeichnet man die Durchstoßpunkte der verlängerten Rotationsachse der Erde durch die Himmelskugel.

2) Mathematik: a) der bei einem System ebener oder räumlicher Polarkoordinaten festgelegte Bezugspunkt (→ Koordinaten); b) in der Funktionentheorie ein isolierter singulärer Punkt z_0 einer analytischen Funktion $f(z)$ (d. h. die Funktion $f(z)$ ist in einer Umgebung des Punktes z_0 überall regulär außer im Punkt z_0 selbst) mit der Eigenschaft $\lim_{z \rightarrow z_0} f(z) = \infty$. Im

Punkt z_0 gestattet die Funktion eine Darstellung $f(z) = \frac{F(z)}{(z - z_0)^n}$, wobei n eine positive ganze Zahl und $F(z)$ eine an der Stelle z_0 analytische Funktion mit $F(z_0) \neq 0$ ist. n nennt man die **Ordnung** des P.s. c) in der analytischen Geometrie → Polare.

3) Elektrotechnik: die Anschlußklemme einer Spannungsquelle oder auch einer daran

angeschlossenen Leitung. Zwischen den P.en einer Spannungsquelle besteht ein Spannungsunterschied, auf Grund dessen der Strom in einem geschlossenen Stromkreis von einem P. zum anderen fließt. Den P. mit dem (definitionsgemäß) höheren Potential nennt man den positiven P. (**Pluspol**), den anderen den negativen P. (**Minuspol**). Bei Wechselstrom kehren sich die P.e periodisch im Rhythmus der Frequenz um, nur bei Gleichstrom gibt es einen konstanten Plus- und Minuspol. Man kann diese z. B. mit **Polreagenzpapier** feststellen, das mit einem Indikator, z. B. Lackmus oder Phenolphthalein, getränkt ist und vor der Untersuchung angefeuchtet wird. Bei Stromdurchfluß tritt infolge der Elektrolyse am negativen P. alkalische (Auf-treten von Metallionen), am positiven P. saure (Säurerest) Reaktion ein, so daß die Farbe des Indikators entsprechend umschlägt. Ferner kann die Polarität mit der → Polsuchlampe festgestellt werden.

4) Magnetismus: a) bei einem Magneten der Ort, von dem die magnetischen Feldstärke-linien ausgehen (**Nordpol**) oder an dem sie enden (**Südpol**); → Magnetismus; b) Magnetpol der Erde, → Erdmagnetismus.

5) Mechanik: im Kräfteplan eines → Seilecks der Punkt, von dem aus die Polstrahlen parallel zu den Seilstrahlen des Lageplanes laufen.

6) Weberei: die von den Polfäden gebildeten Schlingen in Geweben, z. B. in Boucléteppichen. Aufgeschnittener P. bildet den Flor bei Samt, Plüsch, Plüschteppich.

Polarachse, 1) die Rotationsachse der → Erde. 2) → Koordinaten.

Polare, 1) in der Mathematik die Verbindungsgerade der Berührungspunkte T_1 und T_2 der beiden Tangenten von einem Punkt P der Ebene an einen Kegelschnitt. Der Schnittpunkt P der beiden Tangenten heißt **Pol** der Polaren p bezüglich des Kegelschnittes. Liegt der Pol P auf der Kurve, so ist seine P. die Tangente an die Kurve im Punkt P . In diesem Fall geht die P. durch ihren Pol. Jedem Punkt P der (projektiven) Ebene kann man bezüglich einer Kurve 2. Ordnung eine P. zuordnen, und umgekehrt existiert zu jeder P.n ein Pol. Für Pol und P. gilt das → Dualitätsprinzip. (Abb.)

2) → Flugmechanik.

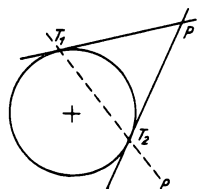
polare Bindung, → Bindung 1).

Polarfront, die von dem norwegischen Meteorologen Bjerknes 1921 eingeführte Bezeichnung für die Schnittlinie der Grenzfläche (Polarfrontfläche) zwischen polaren und subtropischen Luftmassen mit der Erdoberfläche. Die P. ist eine instabile Luftmassengrenze, an der sich zuerst schwache Wellen ausbilden, die eine Zyklonogenese (Zyklonenbildung) einleiten. Man unterteilt die P. in die **arktische Front** und die **subtropische Front**, die beide unser Wetter beeinflussen. Durch synoptische Beobachtung dieser Fronten kann man die Verlagerung unterschiedlicher Luftmassen feststellen.

Polarimeter, ein Instrument zur Bestimmung des Drehvermögens optisch aktiver Flüssigkeiten oder zur Bestimmung der Konzentration optisch aktiver Lösungen bei bekannter spezifischer Drehung (→ optische Aktivität). Die zu untersuchende Substanz wird in einem Glaszylinder zwischen zwei gekreuzte Nicolische Prismen, den Polarisator und den Analysator, gebracht (→ Polarisation); dadurch entsteht eine Aufhellung



Polarimeter. a Lichtquelle, b Polarisator, c Hilfsnicol (ist nur im Halbschattenpolarimeter eingebaut), d Glaszylinder (mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt), e Analysator (drehbar)



Pol P und Polare p am Kreis

des vorher dunklen Gesichtsfeldes. Der Analysator wird darauf so weit gedreht, bis wieder völlige Dunkelheit herrscht; der Drehwinkel wird gemessen. Um die Meßgenauigkeit zu erhöhen, kann ein Hilfsnicol eingefügt werden; dann beobachtet man nicht mehr die maximale Dunkelheit, sondern das Gesichtsfeld ist in zwei Teile geteilt, die auf gleiche mittlere Helligkeit einzustellen sind (**Halbschattenpolarimeter**).

Polarisation, 1) elektrische P., Elektrisierung, der Anteil am Zustand des elektrischen Verschiebungsfeldes, der bei Anwesenheit von Materie (Dielektrika) auftritt. Er ist gewöhnlich proportional der elektrischen Feldstärke.

2) dielektrische P., der Zustand nichtleitender Körper (Dielektrika), bei dem auf entgegengesetzten Seiten elektrische Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens auftreten. Unter Einwirkung eines äußeren elektrischen Feldes werden bei manchen Materialien die einzelnen Elektronenhüllen gegen ihre Atomkerne geringfügig verschoben (Elektronenpolarisation), so daß sich eine räumliche Trennung der zugeordneten Ladungsschwerpunkte ergibt. Eine entsprechende Wirkung erzielt ein elektrisches Feld bei molekularen Dipolmomenten (Moleküle, deren Ladungsschwerpunkte auch bei abgeschaltetem äußerem Feld nicht zusammenfallen) durch Vergrößerung der Abstände der Ladungsschwerpunkte voneinander (Atompolarisation) oder durch Drehung von regellos ausgerichteten Dipolmolekülen in Feldrichtung (Orientierungspolarisation). Analog zum Permanentmagneten kann auch eine permanente P. auftreten (\rightarrow Elektret); in der Luft vorhandene Ladungsträger kompensieren jedoch recht schnell die resultierenden Oberflächenladungen.

3) elektrolytische P., das Auftreten von Gegenspannungen bei der Elektrolyse und bei Stromentnahme aus galvanischen Elementen. Bei Stromfluß durch die Grenzfläche zwischen Elektrode und Elektrolyt tritt eine von der Gleichgewichtspotentialdifferenz (\rightarrow Spannungsreihe) abweichende Potentialdifferenz auf, die der äußeren Spannung entgegengerichtet ist (Prinzip des kleinsten Zwanges). Nach der Ursache dieser Gegenspannung unterscheidet man **Konzentrationspolarisation** (Konzentrationsgefälle in der Lösung bei Stromfluß), **Durchtrittspolarisation** (die Elektrodenreaktion muß durch erhöhte Spannung die erforderliche Geschwindigkeit erhalten) u. a. Folgen der elektrolytischen P. sind die Passivität, die Überspannung bei der Elektrolyse und das Absinken der Klemmenspannung galvanischer Elemente bei Stromfluß.

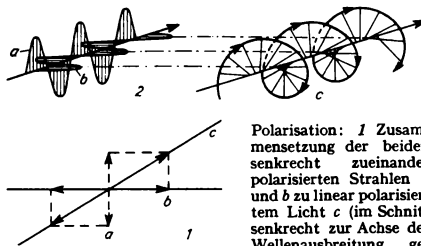
4) optische P., ein bestimmter Schwingungszustand der Lichtwellen. Im natürlichen Licht, wie es die gewöhnlichen Lichtquellen aussenden, gibt es für den \rightarrow Lichtvektor keine bevorzugte Richtung; es treten Schwingungen nach allen Richtungen auf, aber stets senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung. Schwingen in einem Lichtbündel alle Lichtvektoren nur in einer Richtung, so spricht man von linear polarisiertem Licht. Die Ebene, die man parallel zur Schwingungsrichtung durch den Lichtstrahl legen kann, heißt **Schwingungsebene**, die dazu senkrechte Ebene — ebenfalls durch den Lichtstrahl gelegt — heißt **Polarisationsebene**. Man erhält linear polarisiertes Licht aus natürlichem Licht durch Reflexion, mit Hilfe doppelbrechender Kristalle (\rightarrow Doppelbrechung) und durch \rightarrow Polarisationsfolien. Außerdem zeigt sich, daß an kleinen Teilchen gestreutes Licht teilweise (in Abhängigkeit vom Beobachtungswinkel) polarisiert ist (\rightarrow Streuung).

P. durch Reflexion. Fällt natürliches Licht schräg auf eine ebene Glasplatte, so wird vorwiegend die Komponente des Lichtvektors reflektiert, die senkrecht zur Einfallsebene schwingt; der reflektierte Strahl ist dann teilweise polarisiert, die Einfallsebene wird zur Polarisations-

ebene. Man erhält vollständig linear polarisiertes Licht, wenn der reflektierte und der in das Glas eindringende Strahl aufeinander senkrecht stehen. Der zugehörige Einfallswinkel heißt dann **Polarisationswinkel** (\rightarrow Brewstersches Gesetz).

P. durch Doppelbrechung. Beim Eintritt eines Lichtbündels in einen doppelbrechenden Kristall wird das Licht in zwei linear polarisierte Komponenten zerlegt, den ordentlichen und den außerordentlichen Strahl. Eine Vorrichtung, in der einer der beiden Strahlen beseitigt wird, wodurch man rein linear polarisiertes Licht erhält, heißt **Polarisationsprisma**. Am bekanntesten ist das \rightarrow Nicol'sche Prisma. Häufig werden zwei Nicols zu einem **Polarisationsapparat** zusammengesetzt. Das erste Nicol erzeugt linear polarisiertes Licht, dessen Schwingungsrichtung man mit Hilfe des zweiten feststellen kann; das erste Nicol wirkt somit als **Polarisator**, das zweite, das sich um die Strahlrichtung drehen läßt, als **Analysator**. Bei parallelen Prismen, d. h. gleichen Lagen ihrer Polarisations Ebenen, ist das Gesichtsfeld hell, bei gekreuzten Nicols dunkel. Im zweiten Fall bilden die Polarisations Ebenen einen Winkel von 90° , d. h. das vom Polarisator kommende Licht hat gerade die Schwingungsrichtung, die im Analysator vollständig ausgelöscht wird.

Eine zwischen gekreuzte Nicols gebrachte, plangeschliffene Platte eines doppelbrechenden Kristalls kann das vorher dunkle Gesichtsfeld je nach Lage und Dicke der Platte mehr oder weniger aufhellen. Das aus dem Polarisator kommende, linear polarisierte Strahlenbündel wird im Kristall in zwei Komponenten — den ordentlichen und den außerordentlichen Strahl — zerlegt, deren Schwingungsrichtungen zueinander senkrecht stehen. Diese beiden Strahlen ergeben **linear polarisiertes Licht**, wenn die Schwingungsphasen nicht gegeneinander verschoben sind, und **zirkular polarisiertes Licht**, wenn die Amplituden gleich und die Phasen um 90° gegeneinander verschoben sind. Das tritt jedoch nur in speziellen Fällen ein. Im allgemeinen haben die beiden aus dem Kristall austretenden Strahlen unterschiedliche Amplituden und Phasen und setzen sich zu **elliptisch polarisiertem Licht** zusammen. Beim Durchgang durch den Analysator wird das elliptisch (und zirkular) polarisierte Licht nicht vollständig ausgelöscht. Obwohl die beiden Komponenten beim zirkular polarisierten Licht gleiche Amplituden haben, heben sie sich nicht auf, da sie gegeneinander phasenverschoben sind.



Polarisation: 1 Zusammensetzung der beiden senkrecht zueinander polarisierten Strahlen a und b zu linear polarisiertem Licht c (im Schnitt senkrecht zur Achse der Wellenausbreitung gesehen). 2 Die amplitudengleichen, aber um 90° phasenverschobenen Strahlen a und b ergänzen sich zu zirkular polarisiertem Licht c (perspektivisch dargestellt)

Bei einer anderen Gruppe von Kristallen findet eine Drehung der Polarisations Ebene statt, z. B. bei Quarz; diese Kristalle nennt man **optisch aktiv**.

Die Herstellung linear polarisierten Lichtes mittels der doppelbrechenden Turmalinkristalle beruht auf dem Dichroismus. Ein aus zwei Turmalinkristallen zusammengesetzter Polarisationsapparat heißt Turmalinze.

Polarisationsapparate dienen zur Untersuchung optisch aktiver Flüssigkeiten (\rightarrow Polarimeter) und werden in der Kristallphysik in Verbindung mit einem Mikroskop als Polarisationsmikroskop verwendet.

Lit. \rightarrow Optik.

Polarisationsfolien, Polarisationsfilter, durchsichtige Folien, die wie die auf dem Dichroismus beruhende Turmalinplatte hindurchgehendes Licht polarisieren. Bisher sind drei Herstellungsverfahren bekannt geworden: 1) Züchtung eines Einkristalls aus einem Perjodid des Chininsulfates; 2) Herstellung mikroskopisch kleiner, stäbchenförmiger Kristalle aus der gleichen Substanz, die in ein Gelatine-Trägermedium eingebettet und auf mechanischem, elektrischem oder magnetischem Wege gleichgerichtet werden; durch Erstarren des Einbettungsmittels bleibt die Ausrichtung der Kristalle erhalten; 3) Einfärben doppelbrechender Folien (z. B. aus Zelluloseazetat) mit Jod. Die P. werden z. B. als Brillen verwendet für Blend- und Reflexschutz, ferner beim plastischen Film (\rightarrow Raumfilmverfahren).

Polarisationsinterferenzfilter, ein \rightarrow optisches Filter.

Polarisationsprisma, \rightarrow Polarisation 4).

Polarisator, \rightarrow Polarisation 4).

Polarkreise, \rightarrow Erde.

Polarlicht, eine besonders in den Polarzonen der beiden Erdhalbkugeln auftretende Lichterscheinung (Nordlicht und Südlicht). Das P. kommt dadurch zustande, daß von der Sonne ausgeschiedene elektrisch geladene Teilchen im erdmagnetischen Feld polwärts abgelenkt werden. Bei ihrem Eindringen in die Hochatmosphäre ionisieren sie deren Atome und regen sie zum Leuchten an. Die P. treten am häufigsten in etwa 100 km Höhe auf; einzelne Formen reichen bis 600 km und höher, tiefer als 60 km kommen sie nicht vor. Bei starken erdmagnetischen Störungen zeigt sich P. auch in unseren und noch niedrigeren Breiten.

Polarnacht, die Zeit, während der die Sonne für einen Ort, dessen geographische Breite größer als $66\frac{1}{2}^\circ$ ist, nicht über den Horizont kommt. Für die Pole selbst würde die P. die Dauer eines halben Jahres erreichen, wenn keine Strahlenbrechung vorhanden wäre (\rightarrow Nordpol). Entsprechend bezeichnet man als **Polartag** die Zeit, in der für einen Ort innerhalb der Polarzone die Sonne nicht untergeht (Mitternachtssonne). Diese Erscheinungen werden durch die Neigung der Erdoberfläche gegen die Erdbahnebene (Schiefe der Ekliptik) verursacht.

Polarographie, ein elektrochemisches qualitatives und quantitatives Analysenverfahren, das kinetische Erscheinungen bei der katodischen Reduktion bzw. anodischen Oxydation (\rightarrow Elektrolyse) ausnutzt.

Man benutzt zur P. einen **Polarographen**, der an eine Quecksilbertropfenelektrode eine mit der Zeit ansteigende Spannung legt. Zur Abscheidung eines Stoffes ist eine bestimmte Mindestspannung (**Zersetzungsspannung**) notwendig. Die Zersetzungsspannungen der einzelnen Elemente werden nacheinander erreicht, und somit wird eine stufenweise Abscheidung aus einem Stoffgemisch möglich gemacht. Oberhalb der Zersetzungsspannung bildet sich dann unter bestimmten Bedingungen ein der Ionenkonzentration des betrachteten Elementes proportionaler und von der Spannung unabhängiger Grenzstrom aus. Die zu den verschiedenen Spannungen gehörenden Stromstärken werden von dem Gerät selbsttätig registriert. Mit Hilfe der P. lassen sich sehr kleine Konzentrationen (10^{-3} bis 10^{-8} molar) bestimmen, ebenso — bei genügend großem Unterschied der Zersetzungsspannungen — gleichzeitig verschiedene Stoffe.

Die P. hat besondere Bedeutung erlangt für die Bestimmung sehr geringer Mengen einer Substanz, z. B. in stark verdünnten Lösungen (bis $1:10^9$), und von Spurenelementen, zur Analyse von Erzen, Chemierzeugnissen und Legierungen (Produktionskontrolle) sowie von Blut, zum Feststellen der Reinheit von Zucker, des Gehalts von Vitaminen u. a. in Nahrungsmitteln, auch in der geologischen Forschung und für viele andere Zwecke.

Lit. Heyrovský: **Polarographisches Praktikum** (2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960); Heyrovský u. Kalvoda: **Oszillographische P. mit Wechselstrom** (Berlin 1960); Heyrovský u. Kuta: **Grundlagen der P.** (dtsh Berlin 1965); Heyrovský u. Zumann: **Einführung in die praktische P.** (Berlin 1959); Kalvoda: **Technik der oszillographischen Messungen** (dtsh Dresden u. Leipzig 1964); Krjukowa, Sinjakowa u. Arefjewa: **Polarographische Analyse** (dtsh Leipzig 1964); Schwabe: **P. und chemische Konstitution organischer Verbindungen** (Berlin 1957); Die P. in der Chemotherapie, Biochemie und Biologie, I. Jenaer Symposium 1962 (Berlin 1964).

Polaron, ein Quasiteilchen, nach dem sowjetischen Physiker Pekar ein freier Ladungsträger, der sich, umgeben von dem polarisierten Medium, bewegt. Die Polaronenzustände bilden im Kristall ein durchgehendes Band, in dem sich das P. nach den gleichen Gesetzen bewegt wie das Elektron im Leitfähigkeitsband; auch die Beweglichkeit hat die gleiche Größenordnung. Die P. sind ebenso wie die Excitonen in der Quantentheorie der Halbleiter von Bedeutung.

Polarstern, Nordpolarstern, Nordstern, ein Stern zweiter Größe im Sternbild des Kleinen Bären, benannt nach seinem geringen Abstand vom nördlichen Himmelspol. Er kann auf der nördlichen Halbkugel der Erde zur Bestimmung der Himmelsrichtungen und der geographischen Breite eines Ortes benutzt werden.

Polarzone, \rightarrow Erde, \rightarrow Klima.

Polbahnen, \rightarrow Momentanpol.

Polder, \rightarrow Deich.

Poldihammer, ein handliches Gerät zur Messung der Härte von Werkstoffen. Als Prüfkörper dient eine Kugel. Durch Hammerschlag auf den Kopf des Geräts dringt diese in die Oberfläche der Probe und gleichzeitig in eine eingelegete Vergleichsstabs bekannter Härte ein. Man mißt die Durchmesser der beiden Kugeleindrücke. Die Härte der Probe entnimmt man beigegebenen Tabellen.

Polen, ein Verfahren zur Raffination von verunreinigten Metallen in schmelzflüssigem Zustand. Durch Einführen frischer, grüner Holzstämmen bewirken die entweichenden Polgase (Wasserdampf, Produkte der trockenen Destillation des Holzes) in erster Linie ein mechanisches Aufwirbeln (Durchmischen) des flüssigen Metallbades, wobei die mechanischen Verunreinigungen (Oxydationsprodukte) an die Oberfläche gelangen und entfernt werden. Außerdem wirkt das P. chemisch (oxydierend, reduzierend). In neuerer Zeit wird versucht, das P. durch Einleiten von Öl oder Gas durchzuführen.

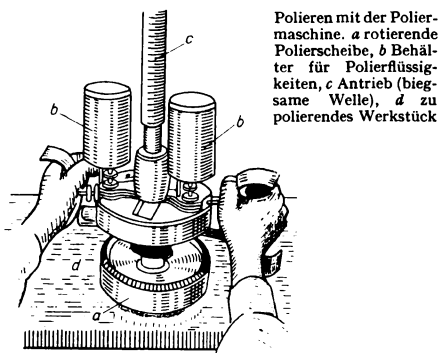
Polhöhe, der Winkelabstand des Himmelspols vom Horizont eines Beobachtungsortes. Die P. ist der geographischen Breite gleich und, wie Beobachtungen zeigen, nicht konstant. Diese **Polhöhenchwankung** wird bedingt durch eine Polschwankung, die verursacht wird durch eine Verlagerung der Rotationsachse der Erde um die Hauptträgheitsachse, mit der die Rotationsachse nicht völlig übereinstimmt. Die Polhöhenchwankung hat eine Veränderlichkeit der geographischen Breite (Breitenschwankung) und in unerheblichem Maße auch der Länge zur Folge. Die Periode eines Polumlafs um die mittlere, durch die Hauptträgheitsachse gegebene Lage, den Trägheitspol, beträgt 414 bis 456 Tage. In dieser Zeit beschreiben die Pole eine spiralför-

mige Kurve mit einem Radius von knapp 10 m um ihre mittlere Lage.

Polieren, ein spannendes Fertigungsverfahren zum Glänzendmachen von Werkstückoberflächen.

1) Das P. von Metall kann geschehen a) mechanisch unter Zugabe eines Poliermittels, das aus einem feinkörnigen Schleifmittel, z. B. Chromoxid, Eisenoxid, Tonerde, vermischt mit einem Schmier-, Binde- und Verdünnungsmittel, z. B. Talg, Wollfett, Wachs, Öl, besteht; b) durch elektronisches Abtragen der Oberflächenunebenheiten; c) durch Druck, der eine Oberflächenverdichtung bewirkt.

a) Mechanische Polierverfahren. Beim **Plieften** werden vorgeschliffene Stahlflächen (von Messern, Scheren u. a.) stufenweise bis zum abschließenden Hochglanzpolieren bearbeitet. Für die verschiedenen Stufen werden rohe oder lederbezogene Holzscheiben benutzt, die mit einem Schmirgelloß bestrichen sind. Beim **Filzen** werden die gröberen Striche eines vorhergegangenen Schlifles mit Hilfe einer Filzscheibe beseitigt. Da beim Plieften und Filzen eine Fünkengarbe entsteht, faßt man beide Verfahren auch unter dem Begriff **Feuern** zusammen. **Bürsten** nennt man die Bearbeitung von Werkstücken mit einer Fiberrundbürste unter Zusatz eines Gemisches aus feinstem Schmirgel und Öl. Es wird vielfach vor der galvanischen Veredlung von Teilen durchgeführt. Das **Trommeln** (**Trommelpolieren**) ermöglicht das gleichzeitige P. mehrerer Werkstücke. Man bringt diese in umlaufende, vieleckige, mit Gummi oder Holz ausgekleidete Trommeln und fügt Polierkörner, Stahlkugeln (**Kugelpolieren**, **Blankrollen**), Schleifmittel aus Seifenbasis oder saure bzw. alkalische Schleifmittel sowie Wasser hinzu. Mit dem Trommelpolieren ist eine Rauhtiefe von $\frac{1}{1000}$ mm erreichbar. Da beim Bürsten und Trommeln die Werkstückoberfläche abgeschauert wird, faßt man beide Verfahren oft auch unter der Bezeichnung **Scheuern** zusammen. Beim **Schwabbeln** oder **Polierlappen** werden die Werkstücke unter Hinzufügen eines Poliermittels an umlaufende Schwabbeln aus Flanell, Tuch u. a. gedrückt. Beim **Bandpolieren** wird das vorgearbeitete Werkstück gegen ein umlaufendes Schleif- oder Polierband ohne starre Unterlage gedrückt, wodurch die Rauhgkeitsspitzen abgetragen werden.



Polieren mit der Poliermaschine. a rotierende Polierscheibe, b Behälter für Polierflüssigkeiten, c Antrieb (biegsame Welle), d zu polierendes Werkstück

b) Beim **elektrolytischen P.** (**Polierelysieren**) wird das Werkstück so lange als Anode in ein Elektrolysebad gehängt, bis die feinen Rauhgkeitsspitzen auf seiner Oberfläche durch den elektrolytischen Vorgang abgetragen und gewünschte Glätte und Glanz erzielt sind. Durch Änderung der Klemmenspannung, der Anodenstromdichte, der Zusammensetzung des Elektrolyten u. a. kann auch ein selektiver Angriff auf die Werkstückoberfläche erreicht werden, der mechanisches P. und Ätzen ersetzt. Als Elektro-

lyte verwendet man saure, basische oder komplexbildende Lösungen.

c) Als **Glanzdrücken**, **Licken** oder **Polierstählen** bezeichnet man das Glätten von Werkstücken aus Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Zink, Blei und Messing mit einem Polierstahl oder -stein unter Zusatz von Seifenwasser oder anderem Glänzmittel.

Die Rauhgkeitsspitzen vorgearbeiteter Werkstücke können auch auf chemischem Wege abgetragen werden, man spricht dann von **Polierätzen**.

2) Beim P. von Holz werden porengeschlossene, meist glänzende, transparente Schutzüberzüge erzeugt. Man wendet abbauende und aufbauende Verfahren an: Bei den **abbauenden Polierverfahren** (**Schwabbeln**) wird ein durch ein- oder mehrmaligen Lackauftrag erzeugter Film mit Schleifmitteln zunehmender Feinheit bis zur vollständigen Glättung und Beseitigung sämtlicher Vertiefungen abgebaut. Bei den **aufbauenden Polierverfahren** wird die zu polierende Fläche gut abgeschliffen und das Holz gewässert; die Poren werden mit verdünnter Politur und Bimssteinmehl gefüllt. Nach dem Trocknen wird in mehreren Schichten unverdünnte Politur mit einem Polierballen von Hand aufgetragen. Nach der Aushärtung wird auf Hochglanz mit Spiritus, Benzoelösung oder Polish, einem handelsüblichen Mittel, auspoliert. Als Politur werden synthetisch hergestellte glasklare Präparate verwendet; Schellack wird nur noch selten benutzt. Das **Spritzverfahren** umfaßt folgende Arbeitsgänge: Porenfüllen mit pulverförmigem Porenfüller, Vorspritzen mit Zelluloselack, Lackauftragen mit Walzenauftragmaschine oder Spritzpistole, Trocknung im Lacktrockner, Grundpolieren auf Poliermaschinen, bei denen der Ballen elektrisch bewegt wird und die Zufuhr der Politur selbsttätig sowie gleichmäßig erfolgt. Das Auspolieren nach vollständigem Erhärten wird auch hier noch häufig von Hand vorgenommen.

Polierlappen, → Polieren 1).

Polierrot, Eisen(III)-oxid, → Eisen.

Polizeifunk, ein nichtöffentlicher beweglicher Landfunk für die Belange der Polizei. Er erfolgt als → Sprechfunk im Ultrakurzwellenbereich. Dabei sind Sprechverbindungen zwischen einer zentralen Leitstelle und den Einsatzwagen (**Funkwagen**) und umgekehrt sowie zwischen den Wagen möglich.

Polje, eine → Karsterscheinung.

Polier m, eine zylindrische, kreuz-, pilz-, haubenförmige oder anders gestaltete niedrige Stahl- oder Graugußsäule aus Schiffsdecks (**Deckspoller**) und Kais (**Kaipoller**) zum Befestigen von Schiffen mittels Leinen.

Pollopos, → Plaste, Übers.

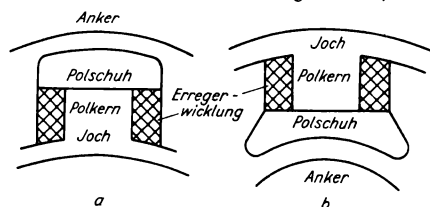
Polonium, Symbol **Po**, kurzlebige, radioaktive chemisches Element aus der VI. Hauptgruppe des Periodensystems, ein Halbmetall; Ordnungszahl 84, Massenzahlen der Isotope 196 bis 208, 209 (stabilstes Isotop mit einer Halbwertszeit von 103 Jahren), 210 bis 218, Wertigkeit meist II, seltener IV und VI, D. $9,32 \text{ g cm}^{-3}$, F. 254°C , Kp. 962°C . Die Isotope ^{215}Po (Aktinium A) und ^{211}Po (Aktinium C') sind Glieder der natürlichen Uran-Aktinium-Zerfallsreihe, die Isotope ^{218}Po (Radium A), ^{214}Po (Radium C'), ^{210}Po (Radium F) Glieder der natürlichen Uran-Radium-Zerfallsreihe, die Isotope ^{216}Po (Thorium A), ^{212}Po (Thorium C') Glieder der natürlichen Thorium-Zerfallsreihe, das Isotop ^{213}Po ist ein Glied der künstlichen Neptunium-Zerfallsreihe.

Betrachtet man das chemische Verhalten, so steht P. einerseits dem Wismut, andererseits dem Tellur nahe. Als radioaktives Zerfallsprodukt des Radiums, aus dem es durch Aussendung von α -Strahlen entsteht, kommt P. in verschwindend geringen Mengen in dem Uranpecherz vor, aus

dessen Rückständen es bei der Verarbeitung auf Radium gewonnen wird. — P. wurde 1898 als erstes der durch die radioaktive Forschung bekannt gewordenen Elemente durch M. und P. Curie entdeckt.

POL-Pulver, ein → rauchschwaches Pulver.

Polschuh, bei → elektrischen Maschinen mit ausgeprägten Polen der dem Luftspalt zwischen Ständer und Läufer zugewendete Teil des Poles, der außerhalb des bewickelten Polkernes liegt. Der P. wird auf den Polkern aufgeschraubt oder mittels Schwalbenschwänzen aufgeschoben, oder



Polschuh einer Innenpolmaschine (a) und einer Außenpolmaschine (b)

er bildet mit dem Polkern eine Einheit. Der P. ist massiv aus Stahlguß oder zur Vermeidung von Wirbelströmen aus gegeneinander isolierten Blechen hergestellt, seine Formgebung bestimmt die Form des Luftspaltfeldes.

Polstärke, die Stärke eines Magnetpols, d. h. die Größe für den Magnetismus, die der Ladung in der Elektrizitätslehre entspricht. Die Pole sind die gedachten Quellen des Feldes (analog zu den elektrischen Ladungen); zwischen zwei Magnetpolen bestehen Kräfte, die in gleicher Weise von der Stärke der Pole abhängen wie die Coulombschen Kräfte der Elektrizitätslehre von der Größe der Ladungen. Es gibt keine freien Pole im Gegensatz zu freien elektrischen Ladungen; man muß die Polstärke deshalb indirekt bestimmen. Sie wird durch den magnetischen Fluß gemessen, der von dem Magnetpol ausgeht; im MKSA-Meßsystem ist also die Maßeinheit Weber = Voltsekunde.

Poluschlampe, eine → Glimmlampe, mit der man den positiven und negativen Pol eines Gleichstromkreises feststellen kann. Beim Ansetzen der P. leuchtet ihre am negativen Pol liegende Elektrode auf. Beim Anschluß an einen Wechselstromkreis leuchten beide Elektroden auf.

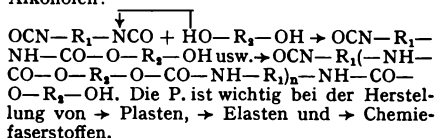
polumschaltbare Asynchronmaschine, eine Asynchronmaschine (→ elektrische Maschine), deren Ständer entweder eine auf verschiedene Polpaarzahlen umschaltbare Wicklung oder aber mehrere Wicklungen verschiedener Polpaarzahlen trägt. Der Läufer ist im allgemeinen als Kurzschlußläufer ausgebildet. Mit der p.n. A. ist eine stufenweise Drehzahlstellung möglich. Die bekannteste polumschaltbare Wicklung ist die **Dahlander-Wicklung**.

Polwechsler, ein mechanischer Wechselrichter (→ Stromrichter), der in der Fernsprechtechnik zur Erzeugung des Rufwechselstromes verwendet wird.

poly... [griechisch], viel, vielfach.

Polyaddition, ein chemischer Reaktionstyp, bei dem sich aus verschiedenartigen niedermolekularen Verbindungen mit mindestens zwei reaktionsfähigen Atomgruppierungen je Molekül (bifunktionelle Moleküle) durch Addition makromolekulare Verbindungen bilden. Die P. verläuft im Gegensatz zur Polykondensation ohne Abspaltung eines niedermolekularen Reaktionsproduktes. Bei Verwendung bifunktionaler Monomere entstehen Fadenmoleküle, der Einsatz trifunktionaler Moleküle führt zu raumvernetzten Polyaddukten. Aus der Vielzahl der prinzipiell für die P. geeigneten Stoffe haben bisher

nur Diisocyanate und Epoxide technische Bedeutung erlangt. *Beispiel:* Herstellung von Polyurethanen aus Diisocyanaten und zweiwertigen Alkoholen:



Polyakrylate, Polyakrylharze, Akrylharze, Polyakrylsäureester, $\left(\text{CH}_2\text{-CH} \begin{array}{c} | \\ \text{COOR} \end{array} \right)_n$, Thermo-

plaste, die als farblose, viskose Flüssigkeiten oder als feste Produkte anfallen. Man erhält P. durch Polymerisation von Akrylsäure und ihren Estern, besonders Methyl-, Äthyl- und Propylester. P. werden als Weichmacher, mit Füllstoffen als Kabelisolierungsmassen, als Appreturmittel, zu Klebstoffen und in der Lackindustrie verwendet. Im weiteren Sinne zählt man auch → Polymethakrylate und Mischpolymerisate auf Basis von Akrylaten, die in Form von Dispersionen als Kleb-, Appretur- und Anstrichmittel eingesetzt werden, zu den P. n.

Polyakrylnitril, abg. **PAN**, $\left[\text{CH}_2\text{-CH(CN)} \right]_n$, eine makromolekulare Verbindung, die durch Polymerisation (meist nach dem Suspensionspolymerisationsverfahren) von Akrylnitril hergestellt wird. P. hat besondere Bedeutung — nach Auffinden geeigneter Lösungsmittel, hauptsächlich Dimethylformamid, durch H. Rein 1942 — für die Herstellung von Chemiefaserstoffen (**Polyakrylnitrilfaserstoffe**, Wz. und Verwendung → Chemiefaserstoffe, Übers.) und synthetischem Kautschuk (als Mischkomponente). Gewebe aus Polyakrylnitrilfaserstoffen zeichnen sich durch gute Wärmehaltung, wollähnliche Elastizität sowie hohe Temperatur-, Wetter- und Säurebeständigkeit aus.

Polyakrylsäureester, swv. → Polyakrylate.

Polyamide, Thermoplaste, die durch die im Molekül periodisch wiederkehrende Peptidgruppe —CO—NH— gekennzeichnet sind. Auch die → Polyurethane mit der charakteristischen Gruppierung —NH—CO—O—, die eine Zwischenstellung zwischen den Polyestern mit der Estergruppierung —CO—O— und den P.n. einnehmen, zählt man meistens zu den P.n.

P. sind weiß bis gelblich gefärbt, undurchsichtig oder glasklar, weisen eine große Festigkeit gegen Zug, Biegung, Schlag und Abrieb auf, sind elastisch sowie — auch bei hohen Temperaturen — beständig gegen zahlreiche organische Lösungsmittel und besitzen gute Isolierungseigenschaften. Die P. haben kaum einen Erweichungsbereich, sondern bleiben bis dicht unter ihren Schmelzpunkt (215 °C bzw. 250 °C je nach Ausgangsprodukten) zäh und fest und gehen dann bei weiterer Wärmezufuhr in den dünnflüssigen Zustand über. Sie lassen sich verspinnen, gießen, pressen und spanabhebend verarbeiten.

Aus Kohle, Erdöl und Erdgas werden die unmittelbaren Rohstoffe für die Herstellung der P. gewonnen. So entstehen P. 1) durch Polykondensation von höheren ω-Aminosäuren, z. B. der ω-Aminoönanthensäure, ω-Aminopelargonsäure und ω-Aminoundekansäure; 2) durch Polykondensation von Dikarbonsäuren, z. B. Adipinsäure und Sebazinsäure, mit Diaminen, z. B. Hexamethyldiamin; 3) in der DDR vor allem durch Polymerisation von Laktamen mit mehr als sechs Ringgliedern, besonders von ε-Kaprolaktam.

In der Technik unterscheidet man zwei Polymerisationsverfahren des ε-Kaprolaktams: a) diskontinuierlich im Autoklaven unter Druck. ε-Kaprolaktam wird in 5 bis 10 % Wasser unter

Zusatz eines Stabilisators, z. B. Essigsäure, und u. U. eines Mattierungsmittels, z. B. von Titan-dioxid, gelöst. Im Autoklaven wird diese Mischung mehrere Stunden unter Luftausschluß auf 250 bis 260 °C erhitzt. Nach beendeter Reaktion wird die viskose Polyamidschmelze über ein Bodenventil ausgedrückt, in Bandform abgekühlt und das Band geschnitten. b) kontinuierlich im VK-Rohr ohne Druck (VK = vereinfacht kontinuierlich). Geschmolzenes Laktam wird mit dem Stabilisator und einem Katalysator, z. B. adipinsaures Hexamethylendiamin, einem senkrechten oder U- oder N-förmig gebogenen, auf 240 bis 280 °C beheizten Rohr von einigen Metern Länge kontinuierlich von oben zugeführt. Am unteren Ende wird die fertige Polymerisationschmelze kontinuierlich abgepumpt. Die Durchsatzzeiten liegen zwischen 15 und 40 Stunden. Die Aufarbeitung kann wie bei a) erfolgen.

Die Hauptmenge der P. verarbeitet man zu den z. Z. wichtigsten Chemiefaserstoffen, den **Polyamidfaserstoffen**, die sich durch hohe Scheuerfestigkeit und Elastizität auszeichnen (Wz. und Verwendung → Chemiefaserstoffe, Übers.). Im Spritzgußverfahren und neuerdings auch im Schmelzgußverfahren lassen sich jedoch auch Formteile wie Lager, Zahnräder, Ventilplatten, Rohre, Dichtungen, Gehäuse, Armaturenbretter, Teile für die optische, feinmechanische und elektrotechnische Industrie, Folien sowie Niete und Schrauben herstellen. In der Medizin verwendet man P. zur Herstellung von Prothesen und als Knochenersatz. In neuerer Zeit verschaffen sich P. in immer stärkerem Maße in Spezialgebiete Eingang, in denen Werkstoffe von großer Härte und Zähigkeit verlangt werden.

Lit. Dawydoff: Bestimmung des Molekulargewichts von P.n, insbesondere von Polycapramid (dtsh 2. Aufl. Berlin 1959); Hopff, Müller, Wenger: Die P. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954); Klare: Synthetische Fasern aus P.n (Berlin 1963); → Plaste.

Polyäthylen, $(-CH_2-CH_2-)_n$, der spezifisch leichteste Thermoplast. P. ist geschmack- und geruchlos, physiologisch einwandfrei, chemikalien- und wasserbeständig, wärme- und kältebeständig (Dauerwärmefestigkeit 100 °C), schweißbar und besitzt einen paraffinartigen Griff. Es kann als festes Produkt, als hochwertiges Schmieröl oder als wachsartiger Stoff anfallen. Ausgangsstoff ist aus Kohle, Erdöl oder Erdgas gewonnenes Äthen, das polymerisiert wird, und zwar 1) im **Hochdruckverfahren** bei 120 bis 200 °C und 1000 bis 3000 at in Gegenwart von Sauerstoff oder Peroxiden als Katalysator. Das Verfahren liefert verzweigte Polymerisate von Molekulargewichten bis zu 50000, die einen Erweichungsbereich von 110 bis 115 °C haben. 2) im **Mitteldruckverfahren** (Phillips-Verfahren) bei 150 bis 180 °C und 30 bis 50 at in Gegenwart von Chromoxid- und Aluminiumoxiddkatalysatoren und Kohlenwasserstoffen als Lösungsmittel. Das hierbei entstehende P. zeigt einen Erweichungsbeginn von 130 °C. 3) im **Niederdruckverfahren** nach Ziegler bei Normaltemperatur und wenigen Atmosphären Druck bei Einsatz von Aluminiumtrialkyliden und Titan-tetrachlorid (Ziegler-Katalysatoren). Hierbei entstehen unverzweigte Polymerisate mit sehr hohen Molekulargewichten (bis zu 3 Millionen). Die Technik bevorzugt die am besten verarbeitbaren Typen mit Molekulargewichten zwischen 50000 und 100000. Der Erweichungsbereich liegt bei 125 bis 135 °C. — Polymerisiert man Äthen in Lösung, so erhält man niedermolekulare Produkte, die je nach den Polymerisationsbedingungen Schmieröle oder synthetische Wachse darstellen.

Größere Formstücke aus P. werden durch Preßguß hergestellt. Endlose Rohre können mit Strang- oder Schneckenpressen aus Ringdüsen erzeugt werden, woran sich ein Aufblasen zu Hohlkörpern, z. B. Flaschen und Ballons, an-

schließen kann. Kleinere Gebrauchsgegenstände werden nach dem Spritzgußverfahren hergestellt. Filme und Folien erhält man auf Strangpressen mit Schlitzdüsen oder durch Aufschneiden eines dünnen aufgeblasenen Polyäthylenschlauches.

P. wird zu Elektroisolierteilen und Kabelisolierungen in der Hochfrequenztechnik verwendet. Da es sich gut anfärben läßt, wird es zur Herstellung der verschiedenartigsten unzerbrechlichen Haushaltsgegenstände (wie Eimer, Trinkbecher) benutzt. Für die Technik werden Flaschen, Tuben, Ventile, Schutzgehäuse, Armaturen, Dichtungen, Lauf- und Zahnräder und vor allem auch Rohre aus P. geliefert. Wegen der geringen Wasserdampfdurchlässigkeit besitzen durchsichtige Verpackungsfolien (gegebenenfalls mit Weichmacherzusatz, z. B. Zitronensäure-ester) für Lebensmittel, Medikamente, gefrorene Früchte u. a. m. besondere Bedeutung. Die Folien können auch zum Abdecken von Frühgemüsekulturen auf Freilandflächen und zum Umkleiden von Bauobjekten verwendet werden. Für die chemische Industrie ist das Auskleiden von Metallrohren, Behältern u. a. mit P. als Korrosionsschutz wichtig. Ferner werden meerswasserfeste Seekabel, Seile und Kabelmäntel aus P. angefertigt. Neuerdings verwendet man Niederdruckpolyäthylen als Picker, d. i. die Schlagvorrichtung am Webstuhl.

Lit. → Plaste.

Polyäthylenglykolteterephthalat, ein linearer Polyester, der durch Umeisterung von Terephthalsäuredimethylester mit Äthylenglykol und anschließende Polykondensation hergestellt wird. Das entstehende feste Produkt wird vor allem zur Herstellung von **Polyesterfaserstoffen** verwendet, die sich durch hohe Licht-, Wetter- und Knitterbeständigkeit sowie durch gute Formhaltung und Elastizität auszeichnen. Sie werden nach dem Schmelzspinnverfahren (→ Chemiefaserstoffe) als Chemieseide oder Stapelfaser gewonnen und sind vor allem für die Herstellung von Anzug-, Kleider-, Hemden- und Dekorationsstoffen, Wirkwaren, Nähgarnen und auch technischen Geweben (z. B. Förderbänder, Treibriemen) geeignet. Ferner dient P. zur Herstellung glasklarer, sehr fester Folien für elektrische Isolierungen und Verpackungszwecke.

Polyäthylinoxid, → Polyglykole.

Polyeder n, svw. Vielfächner, in der elementaren Geometrie ein durch ebene Flächen (Vielecke) begrenzter → Körper; in der Topologie jede Fläche, die sich aus ebenen Dreiecken zusammensetzen läßt.

Polyene, organische → Kohlenstoffverbindungen mit mehreren Doppelbindungen.

Polyester, makromolekulare Verbindungen, die im allgemeinen durch Polykondensation von mehrbasischen Karbonsäuren, z. B. Phthal-, Terephthal-, Adipin-, Malein- oder Bernstein-säure, mit mehrwertigen Alkoholen, z. B. Glykol, Glycerin und Propandiol-1,2, entstehen. Beim Polykondensieren von Ausgangsstoffen mit mehr als zwei reaktionsfähigen Gruppen werden verzweigte und schließlich vernetzte Körper gebildet.

Zu den technisch wichtigsten P.n gehören → Polyäthylenglykolteterephthalat, ungesättigte → Polyesterharze und → Alkydharze. Die ungesättigten Polyesterharze werden häufig kurz als P. bezeichnet.

Polyesterharze, ungesättigte P., oft auch kurz als **Polyester** bezeichnet, härtbare Kunstharze, die zur Gruppe der Polyester gehören. Sie werden durch Polykondensation verschiedener Dikarbonsäureanhydride, z. B. Phthalsäureanhydrid und ungesättigtes Maleinsäureanhydrid, mit zweiwertigen Alkoholen, besonders Glykol und Propandiol-1,2, hergestellt. An die dadurch in den P.n eingebauten Doppelbindungen können weitere

Polyformaldehyd

ungesättigte Monomere, z. B. Styrol, anpolymerisiert werden. Dadurch erfolgt eine Vernetzung der bereits vorliegenden Makromoleküle (Härtung), und es entstehen weitgehend unlösliche, wärmebeständige Produkte. P. werden als Gießharze (z. B. zur Einbettung von technischen Teilen und biologischen Präparaten, für Knöpfe und Schmuckgegenstände), als Metallkleber und als Lösungsmittelfreie Lacke verwendet. Die größte Bedeutung haben die P. als Ausgangsmaterial für die Herstellung glasfaserverstärkter P. (\rightarrow glasfaserverstärkte Plaste).

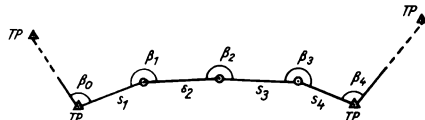
Polyformaldehyd, $\text{HO}-(\text{CH}_2\text{O})_n-\text{CH}_2\text{OH}$ (wobei $n > 100$), ein Thermoplast, der physiologisch einwandfrei, geruch- und geschmacklos, sehr formbeständig und abriebfest ist. Sein Erweichungsbereich liegt zwischen 178 und 183 °C. Ausgangsprodukt ist äußerst reiner, wasserfreier Formaldehyd. Das stabilisierte Polymerisat kann im Spritzguß- oder Strangpreßverfahren zu Formteilen, z. B. für Haushalt- und Küchengeräte, für Büromaschinen, Gefäße und Behälter, Gehäuse für Maschinenteile, Lagerschalen, Zahnräder, verschiedene Kraftfahrzeugteile, verarbeitet werden.

Polyglykole, 1) die durch Anlagerung von Äthylenoxid an Glykole entstehenden Additionsprodukte. Sie werden vorwiegend in der Waschmittelindustrie eingesetzt.

2) Polymerisationsprodukte von Äthylenoxid (Polyäthylenoxid), die ebenfalls als Waschmittel, ferner als Weichmacher, Textilhilfsmittel, Stabilisatoren, wasserlösliche Schmieröle u. a. verwendet werden.

Polygon, das \rightarrow Vieleck.

Polygonierung, im Vermessungswesen ein Meßverfahren zur Schaffung von Festpunkten niedriger Ordnung durch Verbindung trigonometrischer Punkte durch geknickte Linienzüge. Diese Polygonzüge werden möglichst geradlinig angelegt, die Längen der Polygonseiten sind mit dem Meßband, optisch oder elektronisch zu messen (\rightarrow Streckenmessung). In den Knickpunkten des Polygonzuges, den Polygonpunkten, die im Gelände vermarktet werden, mißt man mit einem Theodolit den Brechungswinkel, d. h. die Winkel, die zwei benachbarte Seiten einschließen. Je nach der erforderlichen Genauigkeit und dem Verwendungszweck können die Polygonseiten eine Länge von 50 m bis zu mehreren hundert Metern haben. Die Länge eines Polygonzuges richtet sich



Angeschlossener Polygonzug. TP trigonometrische Punkte, S Polygonseiten, β Brechungswinkel

nach der Dichte des Festpunktfeldes, sie überschreitet in Mitteleuropa allgemein nur selten 5 km. Als Endergebnis der P. ergeben sich nach Berechnung des Polygonzuges aus den gemessenen Strecken und Winkeln die Koordinaten der Polygonpunkte, die für die Detailaufnahme als Festpunkte niedriger Ordnung dienen. Hat der Polygonzug an beiden Enden Anschluß an trigonometrische Punkte, spricht man von einem angeschlossenen Polygonzug. Beim geschlossenen Polygonzug hat der Zug die Form einer Schleife, d. h., der erste und der letzte Punkt sind identisch.

Lit. \rightarrow Geodäsie.

polygraphische Maschinen (Tafel 34), im engeren Sinne Maschinen, die bei den verschiedenen Verfahren zur Herstellung von Druckergebnissen verwendet werden. Sie können eingeteilt werden in Maschinen zur Druckformen-

herstellung, d. s. Setzmaschinen (\rightarrow Setzen), Ätzmaschinen (\rightarrow Ätzen), \rightarrow Druckplatten-graviermaschinen und Apparate und Maschinen der Reproduktionstechnik, in \rightarrow Druckmaschinen und in Buchbindereimaschinen (\rightarrow Buchbinden). Im weiteren Sinne versteht man unter p. n. M. auch die Maschinen der Papierherstellung, Papierveredlung und Papierverarbeitung.

Polyisobutyl, $[-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-]_n$, ein Thermoplast, der absolut wasserbeständig und verhältnismäßig temperaturunempfindlich ist. Ausgangsprodukt ist das vor allem aus Erd- und Krackgasen gewonnene Isobuten, das bei tiefen Temperaturen (-70 bis -50 °C) oder in flüssigen Kohlenwasserstoffen polymerisiert wird. Je nach dem Polymerisationsgrad erhält man dünn- bis dickflüssige Öle oder kautschukartige Stoffe mit Molekulargewichten von etwa 400 000. Die Öle sind wertvolle Schmieröle, die höhermolekularen P.e werden als Isolierstoffe, zum Auskleiden von Kesseln und Rohrleitungen, zum Abdichten von Tunneln und Gewölben, zum Imprägnieren von Geweben und zur Herstellung von Klebstoffen verwendet.

Polyisocyanate, s. v. \rightarrow Polyurethane.

Polykarbonate, eine Gruppe von Thermoplasten, die hervorragende mechanische und elektrische Eigenschaften und hohe Beständigkeit gegenüber Wasser, Mineralsäuren und Alkalien, Licht, Witterungseinflüssen und radioaktiven Strahlen aufweisen. P. erweichen zwischen 220 und 300 °C und haben Molekulargewichte von etwa 25 000 bis über 150 000. Man erhält sie durch Umsetzung einer Dihydroxyverbindung mit einem Kohlensäurederivat und verarbeitet sie zu Folien, Platten, Rohren, Hohlkörpern und Spritzgußartikeln.

Polykondensation, ein chemischer Reaktionstyp, bei dem sich niedermolekulare Ausgangsstoffe, deren Moleküle mindestens zwei reaktionsfähige Atomgruppierungen, z. B. $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, aufweisen, unter Abspalten eines niedermolekularen Reaktionsproduktes, z. B. H_2O , HCl , NH_3 , NaCl , zu makromolekularen Stoffen verbinden. Polykondensate besitzen im Gegensatz zu den Polymerisaten nicht die gleiche prozentuale Zusammensetzung wie die Ausgangsstoffe. Man kann gleichartige Moleküle kondensieren, z. B. $x\text{HO}-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH} \rightarrow \text{HO}-(\text{CH}_2)_n-[\text{COO}-(\text{CH}_2)_n-\text{COO}]_{x-1}-\text{COOH} + (x-1)\text{H}_2\text{O}$, häufiger jedoch setzt man Stoffe mit verschiedenen Atomgruppierungen ein, z. B. $x\text{HO}-\text{R}_1-\text{OH} + x\text{HOOC}-\text{R}_2-\text{COOH} \rightarrow \text{HO}-\text{R}_1-\text{O}-(\text{CO}-\text{R}_2-\text{CO}-\text{O}-\text{R}_1-\text{O})_{x-1}-\text{CO}-\text{R}_2-\text{COOH} + (x-1)\text{H}_2\text{O}$. Die P. ist eine Stufen- und Gleichgewichtsreaktion. Über Dimere, Trimere usw. entstehen nach und nach höhermolekulare Produkte, die jeweils isolierbar sind.

Die P. hat große Bedeutung bei der Herstellung von \rightarrow Plasten, \rightarrow Chemiefaserstoffen und Lackrohstoffen (\rightarrow Lacke).

Lit. Korschak: Grundgesetze der P. (dtsh Berlin 1953); Reinisch: Polykondensationsreaktionen, Chemismus und Kinetik (Berlin 1965); \rightarrow Plaste.

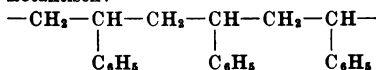
Polymere, Sing. ein Polymeres, im weiteren Sinne Bezeichnung für alle Stoffe aus Molekülen gleicher anteiliger Zusammensetzung, aber verschiedener Molekülgröße, z. B. Formaldehyd CH_2O , Essigsäure $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, Milchsäure $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ und Traubenzucker $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Im engeren Sinne spricht man nur dann von P.n, wenn derartige Moleküle auch gleichen inneren Aufbau aufweisen. Dies ist bei den Plasten der Fall, z. B. beim P.n des Vinylchlorids, dem Polyvinylchlorid (CH_2-CHCl) $_n$, beim Polystyrol, bei den Polyamiden u. a.

P. werden aus Monomeren durch Polymerisation, Polykondensation oder Polyaddition hergestellt und können durch Depolymerisation (\rightarrow

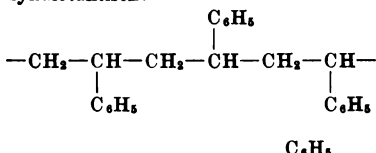
Polymerisation) wieder gespalten werden. Im Verband des polymeren Moleküls wird die monomere Einheit als *Grundmolekül* bezeichnet. Aus zwei Monomeren bestehende P. sind *Dimere*, solche aus drei Monomeren *Trimere*. P. mit einem niedrigen Polymerisationsgrad (\rightarrow Polymerisation) heißen *Oligopolymere* (*Oligomere*), solche mit einem Polymerisationsgrad über 50 *Hochpolymere* (auch \rightarrow Makromoleküle), zu denen z. B. zahlreiche Naturstoffe, wie Zellulose, Eiweißstoffe, Stärke, Kautschuk u. ä., ferner Silikate, manche Kieselsäureester und andere anorganische Stoffe sowie vor allem die synthetischen Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe gehören. Die einzelnen Moleküle von synthetischen P.n weisen sehr verschiedene Größen auf; man bezeichnet die Stoffe deshalb als polymolekular.

P. lassen sich auch nach der Struktur unterscheiden. Bei *isotaktischen P.n* befinden sich die Seitengruppen alle auf einer Seite der Hauptkette, bei *syndiotaktischen P.n* abwechselnd auf der einen und der anderen Seite; bei *ataktischen P.n* sind sie unregelmäßig verteilt. *Beispiel: Polystyrol.*

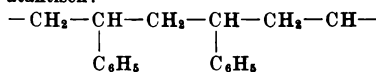
a) isotaktisch:



b) syndiotaktisch:



c) ataktisch:



Isotaktische und syndiotaktische P. lassen sich durch stereospezifische Polymerisation unter Verwendung bestimmter Katalysatoren herstellen. Sie haben vielfach günstigere Eigenschaften als die gewöhnlichen ataktischen Polymerisate, z. B. höhere mechanische Festigkeit.

Als *lebende P.* bezeichnet man Polymerisationsprodukte, welche die Fähigkeit haben, sofort weiterzuwachsen, wenn ein Monomeres zur Verfügung steht, und diese Fähigkeit auch während des Aufbewahrens längere Zeit beibehalten. Sie können durch Zugabe gewisser Stoffe abgesättigt werden. So wird z. B. Styrol in Tetrahydrofuran durch Naphthalin zur Bildung lebender P. angeregt, kann aber durch Wasser inaktiviert werden. *Schlafende P.* haben die Fähigkeit zum Weiterwachsen infolge Blockierung ihrer aktiven Stellen verloren. Sie können aber durch Zugabe einer den blockierenden Stoff besitzenden Substanz wieder zu lebenden P.n werden.

Je nach dem angewandten Polymerisationsverfahren unterscheidet man noch *Mischpolymere* (*Kopolymere*), *Pfropfkopolymere* (*Graftkopolymere*) und *Blockkopolymere*.

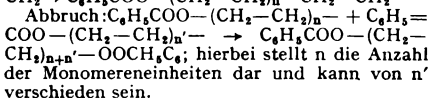
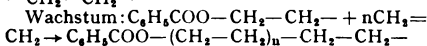
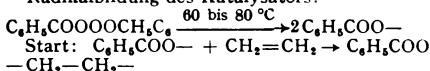
Polymerisation, ein chemischer Reaktionstyp, bei dem sich mehrere, meist zahlreiche Moleküle (Monomere) niedermolekularer organischer Verbindungen zu Makromolekülen (Polymere) vereinigen. Ein Maß für die Anzahl der in einem Makromolekül vereinigten Monomeren ist der **Polymerisationsgrad**, abg. *P.* Die Makromoleküle liegen hauptsächlich in geradliniger Form als Fadenmoleküle vor. Kennzeichen einer echten P. ist, daß die prozentuale Zusammensetzung der Elemente im Monomeren wie Polymeren die gleiche ist, daß sich also keine Reaktionsprodukte

abspalten. Zur P. eignen sich insbesondere ungesättigte Kohlenwasserstoffe, die reaktionsfähige Doppelbindungen enthalten. Manchmal erfolgt die P. spontan. In der Regel werden aber die Monomeren durch Zufuhr von Energie (Wärme, Druck, Licht, UV-Licht, Ultraschall u. a.) oder Einwirken von **Polymerisationserregern** (Katalysatoren) zur P. angeregt. In der Technik verwendet man als Polymerisationserregere vor allem Natrium, organische Aluminiumverbindungen im Gemisch mit Titanchloriden (Ziegler-Katalysatoren), Bortrifluorid, Wasserstoffperoxid sowie seine anorganischen und organischen Abkömmlinge, z. B. Persalze und die organischen Perverbindungen.

Die P. ist eine Kettenreaktion, der eine Induktionsperiode vorausgeht und in der sich drei Elementarreaktionen überlagern: 1) *Startreaktion* (Primärakt), bei der durch die Energiezufuhr die Doppelbindungen aufgerichtet werden, so daß ein reaktionsfähiges Radikal entsteht. Um eine vorzeitige Startreaktion, z. B. während der Lagerung von Monomeren, zu verhindern, setzt man letzteren Inhibitoren zu. 2) *Kettenfortpflanzung* oder *Kettenwachstum*, während der durch Aneinanderhängen der Monomeren das Makromolekül in Form einer Kette wächst. 3) *Kettenabbruch*, d. h. Abbrechen des Wachsvorganges durch Übertragen der Anregungsenergie auf nichtpolymerisationsfähige Beimengungen oder auf ein Monomeres, das dann Anfangsglied einer neuen Kette wird. Den letzten Fall nennt man *Kettenübertragung*.

Beispiel: P. von Äthen zu Polyäthylen mittels Benzoylperoxids als Katalysator:

Radikalbildung des Katalysators:



Je nach der Einleitung der Startreaktion unterscheidet man zwischen *radikalischer* oder *ionischer P.* Die Darstellung von Polyäthylen im obigen Beispiel verläuft radikalisch. Die entstehenden Polymere sind stets räumlich ungeordnet (*ataktisch*). Bei der anionischen P. entstehen räumlich geordnete (*isotaktische* oder *syndiotaktische*) Polymere (*stereospezifische P.*).

Verfahren. Bei der **Blockpolymerisation** (auch **Massenpolymerisation** genannt) werden flüssige Monomere ohne Zusatz von Lösungs- oder Dispersionsmitteln zu festen Polymeren verkettet. Dagegen wird bei der **Lösungspolymerisation** das Monomere in einem Lösungsmittel aufgelöst und auch das Polymere bleibt gelöst. Diese Form der P. hat den Vorteil, daß sich die entstehende Wärme leichter ableiten läßt. Ist das Polymere im Lösungsmittel unlöslich und fällt während der P. aus, so spricht man von **Fällungspolymerisation**. Bei der **Emulsionspolymerisation**, der gebräuchlichsten P., wird das Monomere mit Hilfe eines Emulgators meist in Wasser fein verteilt und das Polymerisat ausgefällt. Wird das Monomere in Form feiner Tröpfchen in einer nicht mischbaren Flüssigkeit aufgeschwemmt, so spricht man von **Suspensions-, Korn- oder Perlpolymerisation**.

Bei der Misch- oder Kopolymerisation geht man von einem Gemisch verschiedener Monomere aus. Setzt man dazu Komponenten ein, die allein nicht zu einer P. fähig sind, so spricht man von **Heteropolymerisation**. Besondere Arten der Kopolymerisation sind die **Pfropf-** oder **Graftkopolymerisation**, bei der die Seitenketten

Polymethakrylate

aus anderen Monomeren als die Stammketten bestehen, und die **Blockkopolymerisation**, bei der jeweils verschiedene „Blöcke“ gleicher Monomere die Kette bilden.

Die P. hat große Bedeutung bei der Herstellung von Plasten, Chemiefaserstoffen und Elasten. Die Umkehrung der P. ist die **Depolymerisation**. Sie wird meist thermisch ausgelöst und ist sehr oft mit einer Hydrolyse verbunden.

Lit. Kainer: Kurzes Handb. der Polymerisationstechnik (3 Bde Leipzig 1940–44); Kuchler: Polymerisationskinetik (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951); → Plaste.

Polymethakrylate, **Polymethylakrylate**, **Polymethakrylsäureester**, $\left(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)- \right)_n$, Ther-

moplaste. Sie sind fest, hart, temperaturbeständig, durchsichtig und werden deshalb auch als **organisches Glas** bezeichnet. Zu einem gewissen Teil sind sie für Ultraviolett- und Röntgenstrahlen durchlässig und völlig isotrop. Man erhält P. durch Blockpolymerisation des monomeren Methakrylats. Die P., besonders das Polymethylmethakrylat, werden als Material für Flugzeugkabinen, Sicherheitsgläser für Fahrzeuge, Apparaturen in der chemischen Industrie, Platten im Bauwesen, Haushaltsgegenstände u. a. eingesetzt. In der Medizin wird Polymethylmethakrylat als Grundstoff für Zahnprothesen, Knochenersatz und für die Abdeckung von Eisernen Lungen gebraucht.

Polymorphie, → Modifikationen.

Polynom n , Mathematik: 1) ein mehrgliedriges Polynom, dessen Glieder durch Addition bzw. Subtraktion verbunden sind, so z. B. $a - 2b + 5c + d$. Ein zweigliedriger Ausdruck heißt **Binom**, ein dreigliedriger **Trinom**, und das einzelne Glied bezeichnet man als **Monom**.

2) Einen ganzrationalen algebraischen Ausdruck der Form $a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_n$ (wobei a_0, a_1, \dots, a_n Konstante, x eine Unbestimmte und n eine ganze Zahl > 0 ist) bezeichnet man als P. in einer Unbestimmten (vom Grad n). Ein solches P. heißt **irreduzibel** (unzerlegbar), wenn es sich nicht als Produkt von P.en niedrigeren Grades darstellen läßt. Das P. $x^2 + 1$ z. B. ist, wenn man nur reelle Zahlen als Koeffizienten zuläßt, irreduzibel. Im Bereich der komplexen Zahlen dagegen ist es **reduzibel**; es zerfällt in zwei Faktoren ersten Grades: $x^2 + 1 = (x + i)(x - i)$. Entsprechend erklärt man P.e in mehreren Unbestimmten. Zum Beispiel ist $3y^3x + 2x^4 + 2xyz + 5x - 3z + 1$ ein P. in den 3 Unbestimmten x, y und z .

polynosische Fasern, Bezeichnung für eine neue Gruppe von meist Viskosefaserstoffen. Zur Herstellung verwendet man Alkalizellulose mit höherem Durchschnittspolymerisationsgrad. Durch abgeänderte Spinnverfahren und Verstreckungsbedingungen ist man bestrebt, einesseits für Textilien die Fasern in ihrer Beschaffenheit der Baumwolle anzugleichen, andererseits für den technischen Sektor, z. B. für Reifen und Transportbänder, verbesserte Fasern herzustellen.

Polypropylen, $\left[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)- \right]_n$, ein Thermoplast mit besonders günstigen thermischen und mechanischen Eigenschaften. Der Erweichungspunkt eines P.s mit einem Molekulargewicht von über 100 000 liegt bei etwa 160 °C. Ausgangsprodukt ist das aus Erdöl und Erdgas gewonnene Propen, das durch Niederdruckpolymerisation mit Hilfe von Ziegler-Katalysatoren (vorwiegend Aluminiumtriäthyl und Titan-tetrachlorid) zu dem Polymeren umgewandelt wird. P. wird zu Faserstoffen, vor allem Schiffstauen, Folien und Spritzgußteilen, z. B. Schiffschrauben, Rohren und Maschinenteilen, verarbeitet. Die Faserstoffe erreichen die Festigkeit

von Stahl, obwohl ihre Dichte nur $1/8$ der des Eisens beträgt.

Polysaccharide, hochpolymere → Kohlenhydrate.

Polysiloxane, swv. → Silikone.

Polystyrol, $\left(-\text{CH}-\text{CH}_2- \right)_n$, ein farbloser und

meist glasklarer Thermoplast, der wasserfest, chemikalien- und lichtbeständig ist. Sein Erweichungspunkt liegt bei 75 °C. Die Molekulargewichte schwanken zwischen 200 000 und 800 000. Man erhält P. aus Styrol nach dem Prinzip der Emulsions-, Block- oder Suspensionspolymerisation. P. wird meistens nach dem Spritzgußverfahren zu Isolier- und Bauteilen, Gehäusen für die Elektro-, Rundfunk-, Fernmeldetechnik, in der feinmechanisch-optischen Industrie (z. B. zu Filmspulen, Brillengestellen), zu Dosen und Behältern, Bürstenrücken, Knöpfen, Schnallen, Möbelbeschlägen, Kämmen u. a. verarbeitet. Auch lassen sich aus P. Folien, Emulsionsanstriche und Schaumstoffe herstellen.

Polytetrafluoräthylen, $\left(-\text{CF}_2- \right)_n$, die bekannteste Fluorkarbonverbindung. P. ist ein hochwertiger, außerordentlich chemikalienfester und temperaturbeständiger Thermoplast, den man als vollständig fluoriertes Polyäthylen auffassen kann. Der Einsatzbereich liegt zwischen -270 und +260 °C. Man verwendet P. vor allem zur Herstellung von Membranen, Dichtungen, Isolationen in der Hochfrequenztechnik, Leitungsrohren, Korrosionsschutzüberzügen, ferner von Chemiefaserstoffen, die im technischen Sektor eingesetzt werden, und als festes Schmiermittel.

Polytrifluormonochloräthylen, $\left(-\text{CF}_2-\text{CFCl}- \right)_n$, eine Fluorkarbonverbindung. P. ist ein hochwertiger, chemikalienbeständiger Thermoplast, der innerhalb des Temperaturbereiches von -100 bis +160 °C eingesetzt werden kann. Man verwendet P. für Korrosionsschutzüberzüge, ferner für Dichtungen, Lagerschalen, Profilstäbe u. a.

Polyurethane, **Polyisocyanate**, eine Gruppe von Thermoplasten. Sie entstehen durch Polyaddition von Diisocyanaten mit zweiwertigen Alkoholen oder anderen hydroxylgruppenhaltigen Verbindungen. Die P. enthalten die Bindung $-\text{CO}-\text{NH}-$ und werden deshalb häufig mit zu den Polyamiden gerechnet. Je nach den eingesetzten Ausgangsprodukten und den angewandten Reaktionsprodukten erhält man Faserstoffe, Festkörper, kautschukähnliche Stoffe, Schaumstoffe, Lacke und Metallkleber. Im Schleudergußverfahren werden aus P.n z. B. Fahrrad- und Autoreifen produziert. Auf Spritzgußmaschinen, Extrudern und Pressen lassen sich P. zu Werkstücken für die Elektroindustrie und zu Konstruktionselementen für Meßgeräte, Apparaturen u. a. verarbeiten. Aus Hexamethylen-diisocyanat und Butylenglykol gewonnenes Polyurethan wird zu sehr widerstandsfähigen steifen Fäden, besonders für Borsten und Drähte, versponnen.

Polyvinylalkohol, abg. **PVA**, $\left[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})- \right]_n$, ein Thermoplast, der in Wasser löslich, in allen gebräuchlichen organischen Lösungsmitteln jedoch unlöslich ist. Man erhält P. durch Verseifen von Polyvinylazetat mittels Methanols in Gegenwart von Natriumalkoholat. P. wird zur Herstellung von Stabilisatoren, Klebstoffen, Verdickungs- und Imprägnierungsmitteln, öl- und lösungsmittelbeständigen Schläuchen und Dichtungen sowie gasundurchlässigen Verpackungsfolien für Seifen, Medikamente, Waschmittel und Farbstoffe verwendet. Auch für die Herstellung von Polyvinylazetalen ist P. von Bedeutung. In verschiedenen Ländern wird P. auch zu Chemiefaserstoffen verarbeitet.

Polyvinyläther, $\left[-\text{CH}-\text{CH}(\text{OR})- \right]_n$, ölige bis wachsartige Thermoplaste, die durch Poly-

merisation von Vinyläther entstehen. Am gebräuchlichsten sind der **Polyvinylmethyläther** (wasserlöslich), **Polyvinyläthyläther** und **Polyvinylisobutyläther** (beide wasserunlöslich).

Polyvinylazetale, Thermoplaste, die durch Umsetzung von Polyvinylalkohol mit Aldehyden oder Ketonen hergestellt werden, z. B. Polyvinylformal, -azetal, -butyral. Sie werden als Lackrohstoffe, Klebstoffe, Zwischenschichtfolien für Sicherheitsverbundgläser verwendet.

Polyvinylazetat, ein glasklarer, spröder, licht- und wärmebeständiger Thermoplast. Sein Molekulargewicht kann bis zu etwa 400 000 betragen. Ausgangsstoff ist Vinylazetat, das in Suspension, in Lösung oder als Block polymerisiert werden kann. P. ist vor allem für die Lack- und Klebmittelindustrie von Bedeutung. Etwa 50 % des produzierten P.s wird zu Polyvinylalkohol und Polyvinylazetalen weiterverarbeitet.

Polyvinylchlorid, abg. **PVC**, gegenwärtig der bedeutendste synthetische Thermoplast. P. ist ein weißes bis gelbliches, geschmack- und geruchloses Produkt, das schwer entflammbar ist, geringes Wasseraufnahmevermögen und gute elektrische Eigenschaften aufweist. Es ist gegenüber Chemikalien sehr beständig. Nachteilig sind seine geringe Lichtstabilität, seine geringe Wärmebeständigkeit (Erweichungstemperatur 75 bis 80 °C, Verformungstemperatur 110 bis 130 °C) und schlechte Wärmeleitfähigkeit. Als Ausgangsstoff dient gasförmiges Vinylchlorid, das vor allem in Emulsion oder Suspension polymerisiert wird. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen PVC-weich und PVC-hart.

PVC-weich erhält man durch Zusatz von Weichmachern zu dem PVC-Pulver. Es dient z. B. zur Herstellung von Transportbändern, Schläuchen, Stopfen, Möbelbelägen, Planen, Treibriemen, Draht- und Kabelisolierungen, Dichtungsmaterial, Regenschutzbekleidung u. a., Tuben und auch Kunstleder für Handtaschen und Raumauskleidungen.

PVC-hart entsteht durch Erhitzen von P. auf 160 °C in Mischwalzwerken, danach wird es in Strangpressen oder Kalandern und auch nach dem Schlagpreß- und Preßspritzgußverfahren zu Halberzeugnissen verarbeitet, die dann weiter durch Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen, Ziehen, Blasen u. a. zu den verschiedenartigsten Fertigteilen verformt werden können. Vor allem dient PVC-hart in der chemischen Industrie als Rohmaterial, zum Auskleiden von Gefäßen und Apparaturen, in der Lebensmittelindustrie als stabiles Verpackungsmaterial, in der Bauindustrie als Dämmstoff, zur Herstellung von Dach- und Fallrinnen, Lüftungskanälen und für Installationszwecke, ferner zur Herstellung von Haushaltgegenständen.

Zell-PVC-hart ist ein durch die Zersetzung von untergemischten Treibmitteln hergestelltes poröses Material, das im Möbel- und Fahrzeugbau, als Dämmstoff und zur Herstellung von Rettungsringen und Schwimmwesten dient. Durch Zusatz von Weichmachern kann man auch **Zell-PVC-weich** erzeugen, das ein elastisches Material, z. B. für Sitzflächen, darstellt.

Von Bedeutung sind auch die meist aus nachchloriertem P. hergestellten Faserstoffe. Sie sind völlig unempfindlich gegen Wasser, chemikalien-, licht- und wetterbeständig, sehr fäulnis- und insektenfest und nicht entflammbar (→ Chemiefaserstoffe, Übers.). Für Spezialzwecke werden Mischpolymerisate von P. (z. B. mit Vinylazetat, Vinylidenchlorid, Akrylnitril und Akrylsäureester) hergestellt.

Lit. Buchmann: Eigenschaften von Polyvinylchlorid-Kunststoff (München 1944); Jungnickel u. Wippenhohn: Die Kunststoffe Vinidur und Igelit; Herstellung, Eigenschaften, Verarbeitung und Anwendung (Leipzig 1952), PVC-Kunststoffe für Industrie und Handwerk

(3. Aufl. Leipzig 1950); Kainer: P. und Vinylchlorid-Mischpolymerisate (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951); → Plaste.

Pompejanischrot, Eisen(III)-oxid, → Eisen.

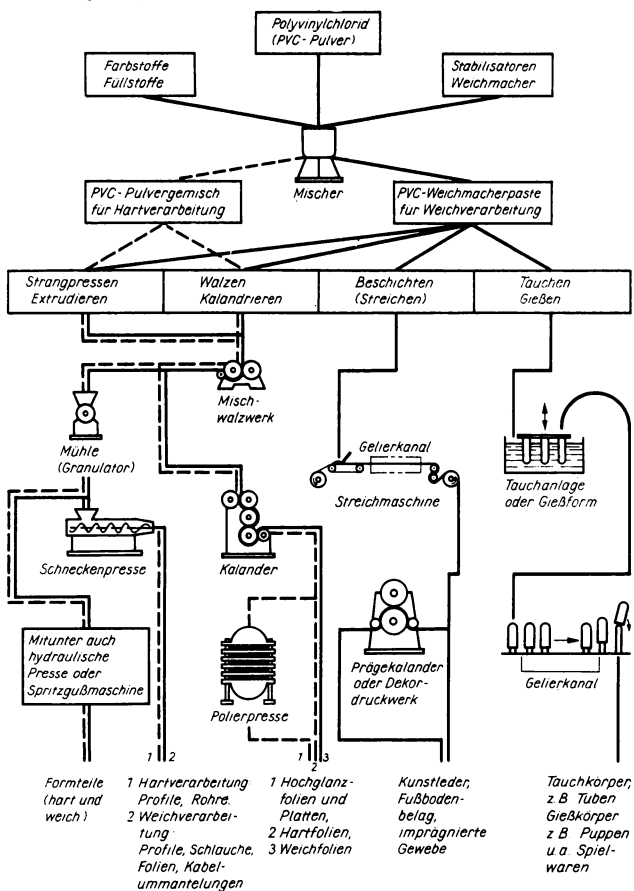
Pond, Kurzz. p, gesetzliche Einheit der Kraft. $1 \text{ p} = 9,80665 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ (Newton). Häufiger als das P. verwendet man das **Kilopond**, Kurzz. kp, $= 10^3 \text{ p}$. **Millipond**, Kurzz. mp, $= 10^{-3} \text{ p}$; **Megapond**, Kurzz. Mp, $= 10^6 \text{ p}$.

Pondmeter, Kurzz. pm, gesetzliche Einheit der Arbeit, Energie und Wärmemenge. $1 \text{ pm} = 9,80665 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$ (Newtonmeter) $= 9,80665 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ (Joule). **Pondzentimeter**, Kurzz. pcm, $= 9,80665 \cdot 10^{-5} \text{ Nm} = 9,80665 \cdot 10^{-5} \text{ J}$.

Ponton, ein breites, rechteckiges, bootsähnliches Wasserfahrzeug aus Stahlblech oder Plast, früher auch Holz. Geschlossene P.s dienen z. B. als Schwimmkörper von Docks, Schwimmkränen, Schwimmbaggern u. dgl. Offene P.s werden z. B. bei den Streitkräften zum Übersetzen von Kampftechnik eingesetzt (Fähren mit einer Tragfähigkeit bis 70 Mp, die von Bugsierbooten geschleppt bzw. geschoben werden) oder zum Bau von schwimmfähigen Brücken. Solche Pontonbrücken haben eine Tragfähigkeit bis zu 80 Mp.

Poop f, früher **Hütte**, Bezeichnung für einen Aufbau auf dem Hinterschiff.

Population, eine Gruppe von Objekten in einem → Sternsystem, die im wesentlichen durch ihr



Schema der Herstellung und der wichtigsten Verarbeitungsverfahren von Polyvinylchlorid (PVC)

Alter, ihre Bewegungsverhältnisse und ihre Verteilung als zusammengehörig zu erkennen sind (→ Stern).

Porensinter, leichter, druckfester Zuschlagstoff für Leichtbeton, hergestellt aus Abfällen der Schiefergruben, Ton u. ä. (TGL 117-0144). Das Material, das vergasbare Stoffe enthalten muß, wird gebrannt und bläht sich dabei auf. **Porosität**, der mit bloßem Auge oder dem Mikroskop feststellbare löcherige oder grobmaschige Bau vieler Körper; Durchlässigkeit.

Porphin, ein Pyrrolfarbstoff. Er besteht aus 4 Pyrrolkernen, die über 4 Methingruppen $\text{HC}\equiv$ zu einem 16gliedrigen Ringsystem verknüpft sind. Wichtig sind die Derivate des P.s, die **Porphyrine**. Dies sind rotviolette Farbstoffe, die mit Metallen Komplexsalze bilden, z. B. mit Eisen die Hämine, mit Magnesium das Chlorophyll. Die Porphyrine wirken photosensibilisierend, daneben regen sie den Zellstoffwechsel an und werden in dieser Hinsicht auch therapeutisch verwendet.

porphyrische Gesteine, **Porphy**, Sammelbegriff für Ergußgesteine, die in einer glasigen, dichten oder feinkörnigen Grundmasse größere, meist idiomorphe Kristalle als **Einsprenglinge** aufweisen (porphyrisches Gefüge), z. B. Liparit, Quarzporphy, Granitporphy, Porphyrit u. a. **Porphyrit**, ein dem Andesit entsprechendes Ergußgestein höheren Alters, das in einer Grundmasse Einsprenglinge von Plagioklas und Biotit oder Amphibol oder Pyroxen enthält. P. ist in Decken und Gängen in permokarbonischen Bildungen verbreitet. **Quarzporphyrit** ist ein ähnliches Gestein mit Quarzgehalt.

Porphyroid, metamorphes Gestein, das aus einem porphyrischen Ergußgestein entstanden ist.

Portalhubwagen, ein → Flurförderer.

Porzellan, das edelste keramische Erzeugnis (Sinterware) mit stark verglastem, transparentem, weißem Scherben. Es besteht aus Kaolin, Feldspat und Quarz.

1) Das europäische **Hartporzellan** ist die heute vorherrschende Varietät des P.s; Härte nach Mohs 7 (also härter als Stahl); D. 2,3 bis 2,5 g cm^{-3} , Druckfestigkeit 3000 bis über 6000 kp cm^{-2} , Zugfestigkeit 240 bis 320 kp cm^{-2} , Biegefestigkeit 400 bis 650 kp cm^{-2} , Schlagbiegefestigkeit 1,8 bis 2,3 cm kp cm^{-2} . P. ist ein guter elektrischer Isolator und beständig gegen Säuren (ausgenommen Flußsäure und heiße Phosphorsäure) sowie mäßig konzentrierte Alkalien. Hartporzellan besteht aus 55 bis 65 % Kaolin, 15 bis 25 % Feldspat und 12 bis 25 % Quarz.

Aufbereitung. In der Kaolinschlammerei wird der Rohkaolin in Aggregaten (Schwertaupflöser, Waschtrommel und Sandabscheider) geschlämmt und in Schlammrinnen geleitet, in denen Feinsand und Schluff entfernt werden; an Stelle der Schlammrinnen verwendet man heute meist Hydrozyklone. Der so aufbereitete Feinkaoilin wird abgepreßt und vorgetrocknet und gelangt in die Porzellanfabrik. Feldspat und Quarz werden, falls sie nicht schon zerkleinert gewonnen wurden (Quarz-, Feldspatsande), im Mineralmahlwerk durch Brecher zerkleinert, in der Löschemühle, einem kollerartigen Aggregat, trocken vorgemahlen, durch Windsichtung sortiert und dann magnetisch enteistet; danach werden sie in der Porzellanfabrik in Trommelmühlen mit Wasser und Flintsteinen als Mahlkörper fein gemahlen und dem Feinkaoilin in einem Rührwerk mit Rechenrührer oder Schiffschraube innig beigemischt. Dieser dünnflüssige Porzellanschläm wird unter starkem Druck mittels einer Membranpumpe in eine Filterpresse gedrückt und dort zu plastisch knetbarer Masse entwässert, die mitunter längere Zeit in einem feuchten Keller, dem Masse- oder Maukkeller (→ Mauken), gelagert und auf Masseschlag-

maschinen durchgearbeitet wird. In modernen Porzellanfabriken wird die Masse meist ohne vorheriges Lagern im Massekeller in der Vakuumstrangpresse, einer zweistufigen Schneckenpresse, unter Vakuum zerteilt, evakuiert und anschließend zu einem Strang gepreßt.

Formgebung. Hohlgeschirr wird in Gipsformen mit plastischer Masse auf der Töpferscheibe unter Benutzung von Schablonen eingedreht. Flachgeschirr (Schalen und Teller) wird entsprechend über einem Gipskern übergeformt oder -gedreht. Für Kannen, Vasen, nicht drehende Schalen, figürliche Darstellungen u. a. wird Gießschlicker (→ Schlicker) in Gipsformen gegossen. Henkel, Ausgüsse und Teile von Figuren werden ebenfalls gegossen und in halbtrockenem Zustand mit breiartiger Masse angesetzt (garniert). Kleine Massenartikel, z. B. Schaltersockel, preßt man in Stahlmatrizen aus Trockenmasse, d. i. ein Massepulver, das mit höchstens 10 % Wasser und wenig Petroleum in Mischmaschinen krümelig angemacht wird. Große Isolatoren werden aus lederenharten Massesträngen durch Abdrehen in Art der Drechslerarbeit profiliert.

Glazieren und Brennen. Nach dem Trocknen an der Luft in Regalen oder Kammer-, Schaukel- oder Tunneltrocknern wird die Ware bei 900 bis 1000 °C in der oberen Kammer (Verglühkammer) eines Rundofens mit der Abwärme der darunterliegenden Gutbrennkammer verglüht (vorgebrannt). In modernen Porzellanfabriken sind die Rundöfen jedoch weitgehend durch Tunnelöfen ersetzt, bei denen das Verglühen in einem besonderen Heizkanal erfolgt. Die Ware ist in verglühtem Zustande fester, aber noch völlig porös und hat durch den chemischen Zerfall des Kaolins die Eigenschaft verloren, mit Wasser aufzuweichen und plastisch zu werden. Die undekorierte oder mit Unterglasurmalerei versehene Glühware wird darauf von Hand in eine Glasuraufschlämmung getaucht, in einzelnen Fällen wird automatisch glasiert. Die Glasur ähnelt chemisch der Masse, enthält aber so viel Flußmittel (Feldspat, Kalkspat, Dolomit), daß sie in dem folgenden Gutbrand (Gar-, Glattbrand) im Rundofen (Gutbrennkammer) oder im moderneren Tunnelofen bei 1350 bis 1400 °C zu einem blanken, wenig deckenden Glasüberzug schmilzt, während die Masse nur durch Sinterung verglast und sich verdichtet. Die Zerfallsprodukte des Kaolinitis, Aluminiumoxid Al_2O_3 und Siliziumdioxid SiO_2 , sowie Anteile des Quarzes lösen sich in dem bei etwa 1200 °C schmelzenden Feldspat unter Bildung von Mullit $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, der sich mit steigendem Gehalt der Schmelze an Siliziumdioxid in feinen, sich verfilzenden Nadeln ausscheidet. Das fertige P. besteht also aus einer glasigen Grundmasse, die von verfilzten Mullitnadeln und ungelösten Quarzkörnchen durchsetzt ist. Die Brenngare wird mit Pyrometer- oder Segerkegeln kontrolliert. Im Rundofen steht die Ware beim Brand zum Schutz gegen Flugasche in Schamottekapseln. Nach dem Brennen ist die Ware um 15 bis 17 % kleiner als das Modell. **Biskuitporzellan** ist unglasiert gutgebrannte Ware.

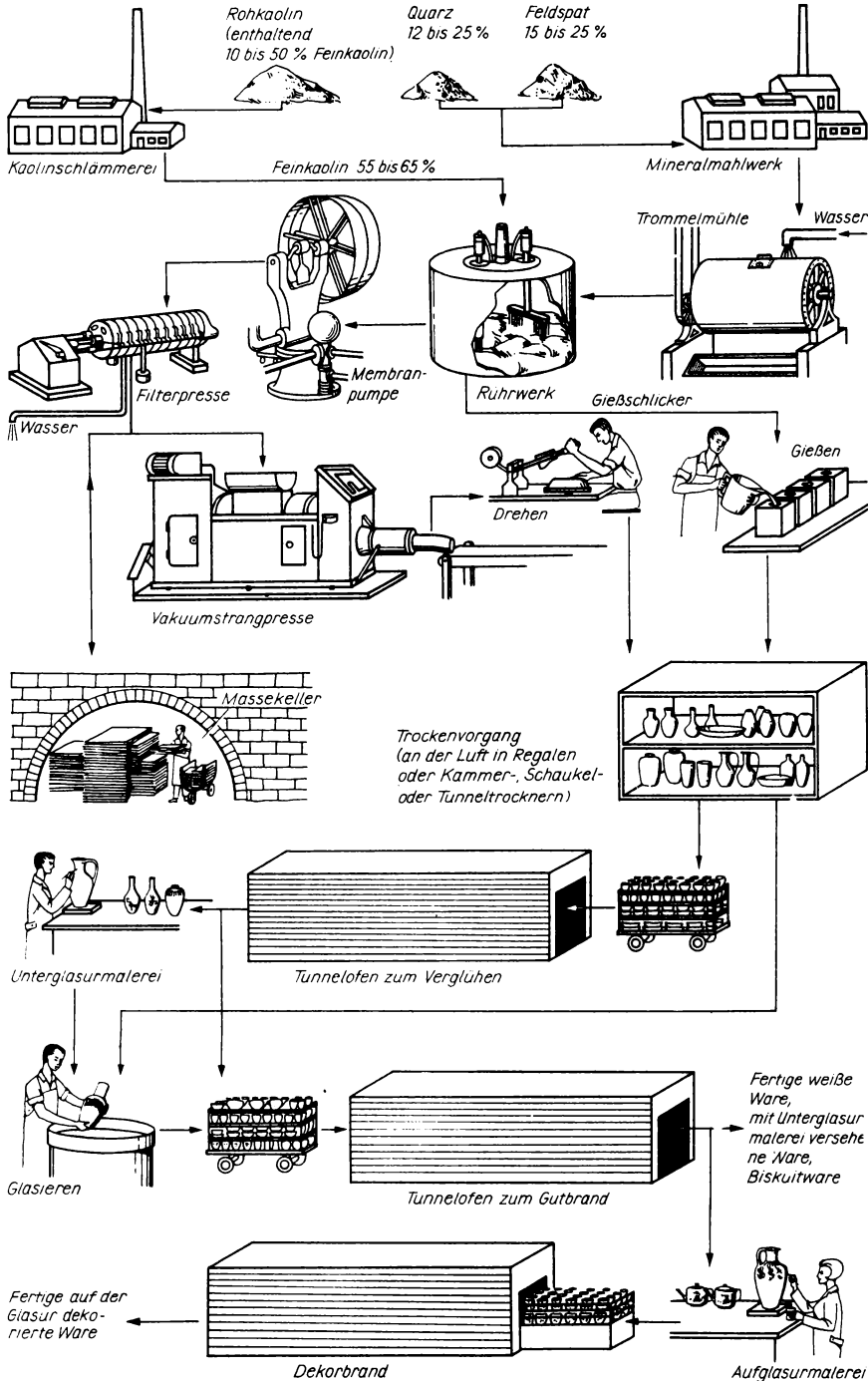
Verzieren. Bei der Unterglasurmalerei malt man dem verglühten Scherben Unterglasurfarben mit dem Pinsel auf; auch wendet man Stahl- oder Siebdruck an. Danach wird glasiert und gutgebrannt. Bei der Aufglasurmalerei werden Schmelzfarben und Terpentinöl als Malmittel mit dem Pinsel oder in Form von Abziehbildern auf die glasierte gutgebrannte Weißware gebracht und in einem meist elektrisch beheizten Muffelofen bei 750 bis 850 °C eingebrannt. Es werden auch tunnelofenartige Dekoröfen verwendet.

Verwendung. Hartporzellan dient als Haushaltporzellan (Tafel- und Küchengeräte, Zier-

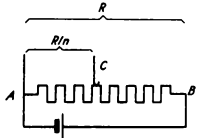
porzellan), Elektroporzellan (Isolatoren für Hoch- und Niederspannung) und chemisch-technisches P. (Laborgeräte, Gefäße und Apparaturen bis zu großen Abmessungen).

2) **Weichporzellan** ist von geringerer wirtschaftlicher Bedeutung. Es hat einen hohen

Feldspat- und Quarzgehalt, ist also pyrochemisch „weicher“ eingestellt und kann schon bei 1280 bis 1360 °C gutgebrannt werden; hierdurch wird die Möglichkeit der Unterglasurverzierung gegenüber Hartporzellan beträchtlich erweitert. In der mechanischen Härte fast gleich, ist das



Schemata der Herstellung von Hartporzellan



Potentiometer

Weichporzellan dem Hartporzellan in den Festigkeitswerten, der Temperaturwechselbeständigkeit und der chemischen Resistenz unterlegen. Die Brenn- und Formgebungstechnik weicht vielfach von der des Hartporzellans ab. Arten des Weichporzellans: a) **Knochenporzellan** besteht aus 40 bis 50 % gebrannten Rinderknochen, der Rest ist etwa zu gleichen Teilen Kaolin, Feuerstein und Pegmatit. Der Scherben ist weiß und hochtransparent. Die Glasur, eine blei- und borsäurehaltige Frittenglasur, wird bei 950 bis 1100 °C aufgebrannt. Das Hauptidezeugungsland ist England. b) **Frittenporzellan** hat nur noch historische Bedeutung; es enthält als Flußmittel statt Feldspat eine glasartige Masse (Fritte) aus Sand, Alaun, Alkali- und Erdalkaliverbindungen. c) **Chinesisches** und **japanisches P.** hat einen hohen Feldspat- und Quarzgehalt (40 % Kaolin, 35 % Feldspat und 25 % Quarz). d) Eine europäische Nachbildung des ostasiatischen P.s ist das von H. Seger entwickelte **Segerporzellan** mit einer Zusammensetzung von 25 % Kaolin, 45 % Quarz und 30 % Feldspat. Dieses P. bildet heute das Vorbild für alle neueren Weichporzellane. e) **Parianporzellan** mit sehr flußmittelreichem, gelblich getöntem, oft leicht mattglänzendem Scherben wird wegen seines marmorartigen Charakters meist biskuit für Plastiken verwendet.

Lit. Daucerkert: Handb. des europäischen P.s (München 1964); Walcha: P. (2. Aufl. Leipzig 1964); VEB Staatliche Porzellanmanufaktur Meissen. Aus ihrer Geschichte und ihrem Schaffen (Meißen 1968); → Keramik.

Porzellanerde, swv. → Kaolin.

Positioner, swv. Stellungsmacher, → Stellantrieb.

Positionalichter, → Lichter.

Positiv, → Photographie, Abschnitt photographischer Prozeß.

positive Zahlen, alle Zahlen, die größer als Null sind. Sie haben das Vorzeichen + („plus“), das jedoch im allgemeinen weggelassen wird, falls es sich nicht um eine Gegenüberstellung von positiven und negativen Werten handelt.

Positron, Zeichen e^+ , das dem Elektron zugeordnete Elementarteilchen, das zur Klasse der Leptonen gehört. Es hat die gleiche Masse wie das Elektron, aber eine positive Elementarladung. Das P. hat ein magnetisches Moment von 1 Bohrschen Magneton, das dem des Elektrons entgegengerichtet ist, und den Spin $1/2$; folglich genügt es der Fermi-Dirac-Statistik (→ statistische Mechanik). Es wurde 1932 von C. D. Anderson in der kosmischen Strahlung mit Hilfe von Nebelkammeraufnahmen gefunden. P.en können außerdem beim Zerfall künstlich radioaktiver Stoffe unter gleichzeitiger Emission von Antineutrinos (→ Neutrino) abgestrahlt werden (Beta⁺-Zerfall). Beim Einstrahlen harter Gammastrahlung auf einen Körper können aus den Photonen Elementarteilchenpaare aus jeweils einem P. und einem Elektron entstehen (→ Paarbildung). Das freie P. ist stabil, doch verbindet es sich meist rasch mit einem Elektron und zerstrahlt mit diesem zu zwei Photonen.

Positronium, → Paarbildung.

Potamologie, ein Zweig der → Hydrographie.

Potential, → Feld.

Potentialfläche, → elektrisches Feld.

Potentialgleichung, swv. → Laplacesche Differentialgleichung.

Potentiallinien, → elektrisches Feld.

Potentialschwelle, ein räumliches Gebiet mit einem gegenüber seiner Umgebung erhöhten Potential. Die P. ist z. B. beim Tunneleffekt von Bedeutung.

Potentialströmung, → Strömungslehre.

Potentialtheorie, ein Teilgebiet der Analysis, untersucht die Eigenschaften der **Potentialfunktionen** $u(x, y, z)$, d. h. der Lösungsfunktionen

der Potentialgleichung oder → Laplaceschen Differentialgleichung $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$, und ihre Anwendungen, die besonders für die theoretische Physik und viele Gebiete der Technik von Bedeutung sind.

Potentialtopfmodell, ein Kernmodell, → Kernphysik.

Potentiometer, ein Ohmscher Spannungsteiler, mit dem man von einer verfügbaren Spannung U eine beliebige Teilspannung abnehmen kann. Legt man die Spannung U an die Enden A und B eines Widerstandes R , so fällt die Spannung U längs des Widerstandes ab. Ist der Widerstand zwischen A und C der n -te Teil von R , so ist der Spannungsabfall zwischen A und C auch nur der n -te Teil von U . Man kann so durch entsprechende Wahl von C jede gewünschte Spannung ($< U$) abgreifen. P. werden z. B. für die Lautstärkeregelung in Rundfunkempfängern verwendet. (Abb.)

Potentiometrie, ein Verfahren der quantitativen Analyse, bei dem die Potentialdifferenz zwischen einer Elektrode und der Lösung des zu bestimmenden Stoffes unmittelbar (→ Nernstsche Gleichung, → Elektrode) oder bei einer Titration zur Bestimmung des Äquivalenzpunktes verwendet wird. Die graphisch durch Auftragen der Potentialdifferenz und der verbrauchten Menge Lösung bekannter Konzentration erhaltene Kurve hat im Äquivalenzpunkt einen Wendepunkt.

Potenz, 1) Arithmetik: das Produkt einer endlichen Anzahl gleicher Faktoren, z. B. $7 \cdot 7 \cdot 7$. Man schreibt dafür 7^3 , allgemein a^n , wenn a der mit sich selbst zu multiplizierende Faktor und n die Anzahl der Faktoren des Produktes bedeuten (gesprochen: a hoch n oder auch: a zur n -ten P.). Die Zahl a nennt man **Grundzahl** oder **Basis**, die Zahl n **Hochzahl** oder **Exponent**. Auf Grund ihrer geometrischen Bedeutung wird die zweite P. einer Zahl auch als „Quadrat“, die dritte P. als „Kubus“ bezeichnet. Für jede Zahl $a \neq 0$ setzt man fest: $a^0 = 1$; ferner gilt $a^1 = a$. Die P.en werden durch $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$

und $a^{-\frac{n}{m}} = \sqrt[m]{a^{-n}}$ auch für negative ganze und gebrochene Exponenten erklärt und schließlich auch für beliebige reelle Exponenten definiert, z. B. $a^{\sqrt{3}}$ oder a^{π} .

Für das Rechnen mit P.en gelten die folgenden Regeln (**Potenzgesetze**):

I) $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$; $a^m : a^n = a^{m-n}$, d. h. P.en mit gleicher Basis werden multipliziert (dividiert), indem man die Basis beibehält und die Exponenten addiert (subtrahiert), z. B. $7^3 \cdot 7^2 = 7^{3+2} = 7^5$; $7^5 : 7^2 = 7^{5-2} = 7^3$.

II) $a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m$; $a^m : b^m = (a : b)^m$, d. h. P.en mit gleichem Exponenten werden multipliziert (dividiert), indem man die Grundzahlen multipliziert (dividiert) und den Exponent beibehält, z. B. $3^4 \cdot 2^4 = (3 \cdot 2)^4 = 6^4$; $8^5 : 4^5 = (8 : 4)^5 = 2^5$.

III) $(a^m)^n = a^{m \cdot n}$, d. h. P.en werden potenziert, indem man die Basis beibehält und die Exponenten multipliziert, z. B. $(7^3)^2 = 7^{3 \cdot 2} = 7^6$.

Das Potenzieren besitzt zwei Umkehrungen: die Auflösung der Gleichung $a^n = b$ nach a führt

auf das Radizieren (→ Wurzel): $a = \sqrt[n]{b}$, die nach n auf das Logarithmieren (→ Logarithmus): $n = \log_a b$.

2) Geometrie: Unter der P. eines Punktes P_1 der Ebene in bezug auf einen Kreis versteht man diejenige Zahl, die man erhält, wenn man (unter Zugrundelegung eines rechtwinkligen kartesischen Koordinatensystems) die Koordinaten x_1, y_1 des Punktes P_1 in die Kreisgleichung

$(x - a)^2 + (y - b)^2 - r^2 = 0$ einsetzt: $(x_1 - a)^2 + (y_1 - b)^2 = r^2$. Liegt P_1 außerhalb des Kreises, so ist die P. von P_1 gleich dem Quadrat des Abschnittes $\overline{P_1A}$ der Tangente von P_1 an den Kreis in einem Punkt A oder gleich dem Produkt der beiden Abschnitte einer Sekante durch P_1 , also stets positiv. Für Punkte innerhalb des Kreises ist die P. stets negativ, für Punkte auf dem Kreis ist sie gleich Null. Der geometrische Ort aller Punkte der Ebene, die in bezug auf zwei Kreise die gleiche P. haben, ist eine Gerade, die senkrecht auf der Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Kreise steht. Man nennt diese Gerade die **Potenzlinie** der beiden Kreise.

Potenzreihe, eine unendliche Reihe der Form $(*)$ $a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n + \dots$, wobei $a_0, a_1, \dots, a_n, \dots$ Konstanten (die **Koeffizienten** der P.) sind, während x eine Variable ist. Im Gegensatz zu einer Reihe aus konstanten Gliedern hängt die Konvergenz einer P. davon ab, welche Werte die Variable x annimmt. Das Intervall, innerhalb dessen die P. konvergiert, heißt **Konvergenzbereich**; seine Grenze ist der **Konvergenzradius** r . Eine P. konvergiert für alle $|x| < r$. Zum Beispiel konvergiert die geometrische Reihe $1 + x + x^2 + \dots + x^n + \dots$ für

$|x| < 1$, die Reihe $1 + x + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \dots$ dagegen für alle Werte von x . Eine solche P. heißt **beständig konvergent**.

Unter bestimmten Voraussetzungen ist es möglich, eine Funktion $y = f(x)$ in eine P. zu entwickeln (\rightarrow Taylorscher Satz), was unter anderem für die (angenäherte) Berechnung von Funktionswerten von großer Bedeutung ist. Neben den P.n der Form $(*)$ treten häufig P.n der Gestalt $c_0 + c_1(x - x_0) + c_2(x - x_0)^2 + \dots + c_n(x - x_0)^n + \dots$ auf. Die Zahl x_0 nennt man den **Mittelpunkt** einer solchen P. Die P. $(*)$ hat dann den Mittelpunkt $x_0 = 0$.

Die P.n sind von grundlegender Bedeutung für die Funktionentheorie. Sie sind ferner ein wichtiges Hilfsmittel bei der Berechnung von Integralen und bei der Lösung von Differentialgleichungen.

Pottasche, swv. Kaliumkarbonat, \rightarrow Kalium.

Powers-Verfahren, ein Lochkartenverfahren, \rightarrow Lochkarte.

PPI, im Englischen Abk. für Rundlicht-Anzeige, \rightarrow Radar, Abschn. 1e).

ppm, p. p. m., Kurzz. für \rightarrow parts per million.

PPM, \rightarrow Impulsmodulation.

Pr, 1) Symbol für \rightarrow Praseodym. 2) Pr , Zeichen für \rightarrow Prandtlzahl.

Prägedruck, die Herstellung reliefartiger Druckbilder mittels tiefgravierter Platten auf Druckmaschinen mit oder ohne Farbübertragung. Der P. wird für Siegelmarken, Plakate, Hochbildkarten, Briefköpfe u. a. verwendet.

Prägen, 1) Fertigungstechnik: das reliefartige Umformen einer Werkstückoberfläche durch Stauchen im Gesenk. Die Formen des Ober- und Untergesens werden auf der Werkstückoberfläche abgebildet. Das P. wird meist als Kaltumformen (**Kaltprägen**) durchgeführt. Durch P. werden z. B. Münzen hergestellt; dies geschieht auf den bereits fertig gerändelten Münzrohlingen. Das P. durch Stauchen wird auch **Vollprägen** genannt (Abb.), im Gegensatz zum **Hohlprägen**, bei dem eine Blechplatte oder -ronde mehrfach geringfügig durchgebogen wird, wobei ähnliche Werkstückkonturen wie beim Vollprägen entstehen. Das P. kann auch durch Walzen geschehen, z. B. bei Papier.

2) graphische Technik: das Abformen der Druckform in die Mater in der **Stereotypie**; das Abformen in Blei-, Plast- oder Wachsmatrizen in der **Galvanoplastik**; das Erarbeiten eines vertieften oder erhabenen Reliefs in einer

Buchdecke in der **Buchbinderei**. Auch der \rightarrow Stahlstich wird häufig als Prägung ausgeführt. **Präkambrium**, die Frühzeit der Erde (\rightarrow System, Tab.). Das P. umfaßt einen größeren Zeitraum als alle späteren Systeme insgesamt. Die präkambrischen Gesteinsfolgen lassen sich in zwei Abschnitte gliedern, in **Archaikum** und **Algonkium**, und zwar mit Hilfe von Diskordanzen, die eine Folge weltweiter Gebirgsbildungen (Orogenesen) sind, der laurentischen Gebirgsbildung am Ende des Archaikums und der algonimischen Gebirgsbildung im Algonkium, durch die das plastische Gestein der Geosynklinalen zu einer „Großerde“ (Megagäa) gefaltet wurde. Die durch die Orogenesen verfestigte Erdkruste wurde nach Stille durch den Algonimischen Umbruch in großen Teilen wieder beweglich, indem sich neue Geosynklinalen bildeten. Reststücke der Megagäa bilden die Kerne der heutigen Kontinente und Ozeane, die \rightarrow Kratone.

Im ausgehenden Archaikum finden sich unsichere, im Algonkium vereinzelt Lebensspuren. Deshalb wird das P. auch als archäozoisch-proterozoische Ära bezeichnet. Das Klima scheint im P. sehr unterschiedlich gewesen zu sein.

Praktikabel, \rightarrow Bühnentechnik.

Prallmühle, \rightarrow Schlagprallbrecher.

Prandtlrohr, **Staurohr**, **Staudruckmesser**, eine nach dem deutschen Physiker Prandtl benannte Strömungs-sonde. Das P. dient zur Messung des dynamischen Druckes (Staudruck) in freien Strömungen. Aus dem Staudruck kann bei bekannter Dichte des strömenden Mediums die Strömungs- bzw. Fluggeschwindigkeit v bestimmt werden (\rightarrow Fahrtmesser). Das P. besteht aus einer Kombination von \rightarrow Pitotrohr und \rightarrow Drucksonde. Da das Pitotrohr den Gesamtdruck p_{ges} anzeigt, erhält man den statischen Druck p angibt, erhält man den gesuchten Staudruck q als Differenz beider Größen (\rightarrow Bernoullische Gleichung). Wie die Drucksonde muß auch das P. genau in Strömungsrichtung zeigen.

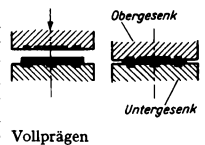
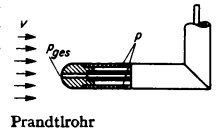
Prandtlzahl, Zeichen Pr , nach dem deutschen Physiker Prandtl benannte dimensionslose Kennzahl zur Charakterisierung der thermischen und strömungstechnischen Stoffeigenschaften eines Mediums. $Pr = \nu/a$, wobei ν die kinematische Zähigkeit und a die Temperaturleitfähigkeit ist. Die P. hat besondere Bedeutung als Parameter von Temperaturgrenschichten.

Präparation, das Behandeln von Chemiefaserstoffhalbfabrikaten (Stapelfasern und Chemieseide) mit wäßrigen Lösungen oder Emulsionen von Textilhilfsmitteln, den **Präparationsmitteln**. Die P. erfolgt, um den nachfolgenden mechanischen Arbeitsprozeß (z. B. Strecken, Zwirnen, Spinnen, Kräuseln) zu erleichtern oder überhaupt zu ermöglichen. So kann man durch die P. bestimmte Effekte erzielen, z. B. Fadenschluß, Verhinderung der elektrostatischen Aufladung, Verbesserung der Haftlänge bei Stapelfasern; allerdings sollen keine permanenten (wasch- und trockenreinigungsbeständige) Effekte hervorgerufen werden, da sonst Störungen bei der Weiterverarbeitung, z. B. beim Färben, auftreten können. Als Präparationsmittel dienen vorzugsweise Produkte auf Fettbasis, z. B. Sulfate von Fettalkoholen oder Pflanzenölen, Äthylenoxidaddukte, länger-kettige Phosphorsäureester, höhermolekulare quaternäre Ammoniumverbindungen, ferner in gewissem Umfang Mineralöle oder deren Emulsionen. — Fälschlicherweise wird an Stelle von P. häufig von Avivage gesprochen.

Präpariersalz, \rightarrow Stannate.

Prasem, eine Varietät des \rightarrow Quarzes.

Praseodym, Symbol Pr , chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Reinelement, Schwermetall; Ordnungszahl 59, Atomgewicht 140,907 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, seltener IV, wahrscheinlich



auch II, D. 6,78 g cm⁻³, F. 935 °C, Kp. bei 3300 °C; das Element wurde erstmals 1885 von Auer von Welsbach als Oxid isoliert. P. ist schwach gelb. Es kommt in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen – darunter stets mit Neodym – vor, meist als Phosphat oder Silikat. Man verwendet P. in Form von → Zer-Mischmetall. Das künstlich hergestellte Isotop Praseodym-144 dient im Gemisch mit Zer-146 als kombinierte β -Strahlungsquelle zur berührungslosen Dickenmessung. Das gelbgrüne **Praseodym(III)-oxid** Pr₂O₃ wird in der Porzellanmalerei und zum Färben von Glas und Email verwendet.

Praxis, die aktive, gegenständliche Tätigkeit des Menschen zur Veränderung der objektiv realen Wirklichkeit im Unterschied zu seiner theoretischen Tätigkeit. Wichtigstes und bestimmendes Moment der P. ist die Produktionstätigkeit des Menschen. Die P. ist weiter Ausgangspunkt, Grundlage, bestimmender Faktor und Ziel der Erkenntnis sowie letztlich Kriterium ihrer Wahrheit.

Die Bedeutung der P. ist zum ersten Mal im vollen Umfang durch die marxistische Philosophie erfaßt und hervorgehoben worden. Im Gegensatz zur idealistischen Auffassung der P. als reine subjektive Erfahrung, als Nutzen usw., betont der Marxismus-Leninismus den materiellen Charakter der P. Für den dialektischen Materialismus ist die P. nicht etwas ein für allemal Gegebenes, sondern ein Prozeß, der verschiedene Etappen durchläuft und dementsprechend ein Moment der Unbestimmtheit enthält. Diese Unbestimmtheit in der konkreten P. kann auf der Grundlage der → Theorie überwunden werden, die auf einer bestimmten Praxis basiert, aber weiter reicht und die weitere praktische Tätigkeit lenkt; daher die besondere Bedeutung der Einheit von P. und Theorie, die die Entwicklung sowohl der Theorie als auch der P. fördert.

Präzession, 1) Mechanik: die Bewegung der Achse eines rotierenden Kreisels unter dem Einfluß der Schwerkraft (→ Kreisel).

2) Astronomie: das Vorrücken der Äquinoktialpunkte (Frühlings- und Herbstpunkt, → Äquinoktium) auf der Ekliptik um jährlich etwa 50'', so daß die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne durch den Frühlingspunkt (tropisches Jahr) etwas kürzer als die zwischen zwei Konjunktionen der Sonne mit demselben Fixstern ist (siderisches Jahr). Die P. beruht darauf, daß die Erdachse in 26 000 Jahren um die Achse der Ekliptik einen Kegel mit einem halben Öffnungswinkel von 23½° beschreibt. Diese Lageänderung der Erdachse wird verursacht durch die Anziehung von Sonne und Mond auf das abgeplattete Erdellipsoid (**Unisolarpräzession**). Die Lageänderung ist dabei nicht vollkommen gleichmäßig, sondern weist periodische Schwankungen auf, die unter anderem durch die elliptische Mondbahn und die Neigung der Mondbahn zu der Äquatorebene der Erde bedingt sind. Außerdem bewirken die Planeten durch ihre Anziehung eine langperiodische Lageänderung der Ekliptik (**Planetenpräzession**). Die **allgemeine P.** setzt sich aus der Unisolar- und der Planetenpräzession zusammen. Alle periodischen Schwankungen der P. werden zusammenfassend als **Nutation** bezeichnet. **Präzisionsdrillmaschine**, svw. → Einzelkorn-sämaschine.

Presse (Tafel 28), in der Fertigungstechnik eine Werkzeugmaschine, mit der über einen meist geradlinig, und zwar im Gegensatz zum Hammer antriebsabhängig bewegten Stößel ein Druck auf ein Werkstück übertragen wird, das auf einem Pressentisch liegt. P.n setzt man vorwiegend zum Umformen, Schneiden und Fügen ein. Sie werden für die meisten Umformarbeiten

stehend, seltener liegend (z. B. für das Schmieden von der Stange), mitunter auch geneigt oder neigbar gebaut, damit die fertigen Werkstücke durch die Schwerkraft nach hinten aus der Maschine fallen können. Nach der Ausführung des Pressenständers oder -gestells wird unterschieden zwischen Einständerpressen mit C-förmigem Gestell, Zweiständerpressen mit Torgestell und P.n mit Säulengestell, d. h. mit zwei oder vier Säulen.

P.n zum Umformen tragen im oder am Pressenstößel ein der jeweiligen Arbeit angepaßtes Oberwerkzeug; das dazugehörige Unterwerkzeug ist auf dem Pressentisch befestigt, der bei manchen P.n in der Höhe verändert oder der jeweiligen Arbeit angepaßt werden kann. Die **Stufenpresse** hat einen Stößel, in den bis zu 15 Werkzeuge eingesetzt werden können. P.n mit zwei oder drei gleichzeitig wirkenden Stößeln, wie sie bei der Herstellung von Karosserieteilen benutzt werden, bezeichnet man als zwei- bzw. dreifachwirkend.

Nach der Art der Übertragung der Antriebskraft auf den Stößel unterscheidet man mechanische P.n und Kolbenpressen.

1) Mechanische P.n. Bei der **Hebel- und Pendelpresse** erfolgt die Stößelbewegung mit Hilfe eines Hand- oder Fußhebels. Diese P.n kommen daher nur für Arbeiten in Betracht, bei denen eine sehr geringe Pressenkraft erforderlich ist. Die meisten P.n sind jedoch mit einem oder mehreren Elektromotoren als Antrieb ausgerüstet und werden nach dem jeweiligen Maschinenelement für die Kraftübertragung vom Motor auf den Stößel bezeichnet. Bei der **Kurbelpresse** wird der Stößel über eine Kurbelwelle bewegt, durch die auch der Hub gegeben ist, bei der **Exzenterpresse**, die einen kürzeren Hub hat, über einen Exzenter. An großen P.n erfolgt die Stößelbewegung durch zwei oder auch mehr Kurbeltriebe bzw. Exzenter. Kurbel- oder Exzenterpressen werden z. B. zum Tiefziehen, Fließpressen und Gesenkschmieden verwendet. Abkantpressen sind spezielle Kurbelpressen. Bei der **Kniehebelpresse** ist der Kurbeltrieb noch mit einem Kniehebel verbunden; sie eignet sich besonders zum Fließpressen und Prägen. In der **Spindelpresse** ist der Stößel an einer senkrecht angeordneten Spindel befestigt, die von Hand über einen mit Schwunggewichten versehenen Drehhebel angetrieben wird. Bei der **Reibspindelpresse** wird über eine angedrückte Reibscheibe ein Schwungrad mit steilgängiger Spindel und Stößel bewegt. Diese P. wird besonders für das Gesenkschmieden, Stauchen und Prägen angewendet. Die **Vincentpresse**, eine besondere Form der Reibspindelpresse, arbeitet mit axial feststehender, aber sich drehender Spindel, auf die sich der Stößel mit dem daran befestigten Unterwerkzeug aufschraubt. Ebenso wirkt die **Reibrollenpresse**. Sie weist an Stelle von Reibscheiben Reibrollen auf, die – unmittelbar vom Elektromotor angetrieben – das Schwungrad beschleunigen. Bei der **Zahnradschlagpresse** wird das Drehmoment durch ein Zahnradpaar übertragen.

2) Kolbenpressen können hydraulische, pneumatische und Dampfpressen sein. Die gebräuchlichste Kolbenpresse ist die **hydraulische P.** In ihr wird die Erscheinung ausgenutzt, daß der Druck sich in Flüssigkeiten nach allen Richtungen gleichmäßig fortpflanzt und durch verschieden groß gewählte Kolben und Kolbenwege eine kleine Ausgangskraft vervielfacht. Die auf die Kolben wirkenden Kräfte verhalten sich dabei wie die Kolbenoberflächen:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2},$$

und Kraft mal Kraftweg = Last mal Lastweg, $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$. Mit hydraulischen P.n lassen

sich auf diese Weise Kräfte bis zu 75000 Mp erzeugen. Bei der von Hand betätigten P. wird durch häufiges Hin- und Herbewegen des Pumpenkolbens Flüssigkeit durch ein Saugventil angesaugt, durch ein Druckventil in den Pressenzylinder gedrückt und dadurch der darin bewegliche Kolben gehoben. Wirkt bei P.n mit elektromotorischem Pumpenantrieb die Pumpe unmittelbar auf den Zylinder, so ist die Kolbengeschwindigkeit konstant, und die Preßkraft paßt sich dem Arbeitsvorgang an. Wirkt die Pumpe auf einen Flüssigkeitsspeicher und der Pressenkolben wird durch den Druck der Speicherflüssigkeit gehoben, so sind die Verhältnisse umgekehrt. Unmittelbar angetriebene P.n, bei denen als Druckflüssigkeit meist Öl verwendet wird und Werkzeuggeschwindigkeiten bis etwa 0,05 m/s ausgeführt werden können, werden vorwiegend zum Kaltumformen, z. B. zum Tiefziehen, benutzt. P.n mit Speicherbetrieb, die meist mit Wasser als Druckflüssigkeit arbeiten und Werkzeuggeschwindigkeiten zwischen 0,2 bis 0,5 m/s erreichen, werden vorwiegend zum Warmumformen, z. B. Schmieden und Strangpressen, eingesetzt. Manche hydraulischen P.n haben mehrere Stempel, deren Wirkungsrichtung dem Arbeitsvorgang angepaßt ist.

Lit. Geleji: Walzwerks- und Schmiedemaschinen (dtisch Berlin 1954); Hydraulische P.n (dtisch Berlin 1955).

Preßguß, ein Verfahren zum Gießen von Metall. Der P. ist ein Druckgußverfahren (\rightarrow Formguß), bei dem das Metall im teigigen Zustand durch einen Druckkolben aus dem Schmelzbehälter in eine Form gedrückt wird. Der P. wird angewendet für Legierungen mit großem Erstarrungsbereich und Schmelzpunkten von mindestens 1000 °C, vor allem Kupferlegierungen. Vorteilhaft gegenüber dem Spritzguß ist, daß korrosionsbeständige Legierungen beim Verarbeitungsprozeß kein Eisen aus dem Schmelzgefäß aufnehmen und so ihre Korrosionsbeständigkeit behalten.

Preßluft, svw. \rightarrow Druckluft.

Preßspan, \rightarrow Pappe.

Preßspritzen, \rightarrow Spritzguß.

Preßverbindung, eine kraftschlüssige, meist lösbare Verbindung. Man unterscheidet zwischen Längs- und Querpreßpassungen, je nachdem, ob das Aufpressen in Quer- (radiale Durchmesseränderung) oder in Längsrichtung erfolgt. Innen- und Außenteil haben vor dem Fügen bei gleicher Temperatur Übermaß. Nach Art des Fügens der Verbindung unterscheidet man bei der Querpreßpassung zwischen Dehnpreßpassung (Welle unterkühlt) und der Schrumpfpreßpassung (Nabe wird erwärmt, mit der Welle zusammengefügt und schrumpft beim Erkalten auf die Welle).

Preußisch Blau, \rightarrow Berliner Blau.

Priel, \rightarrow Watt.

prim, teilerfremd; ein Begriff der Algebra und der Zahlentheorie. Zwei Zahlen sind *relativ prim* (zueinander prim), wenn sie — außer 1 — keinen gemeinsamen Teiler haben, z. B. 9 und 16.

Primärspule, svw. \rightarrow Primärwicklung.

Primärwicklung, **Primärspule**, beim Transformator die elektrische Leistung aufnehmende Wicklung bzw. Spule. Gegensatz \rightarrow Sekundärwicklung.

Primkörper, in der Algebra der kleinste in einem \rightarrow Körper enthaltene Körper.

Primzahl, eine natürliche (positive ganze) Zahl, die außer durch 1 und sich selbst durch keine andere natürliche Zahl teilbar ist, die also nicht in ganzzahlige Faktoren zerlegt werden kann, z. B. 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19... Die Zahl 1 wird gewöhnlich nicht als P. bezeichnet. Alle natürlichen Zahlen, die weder 1 noch P. sind, heißen *zusammengesetzt* und lassen sich durch Multiplikation aus den P.n gewinnen. Während die Tatsache, daß es unendlich viele P.n gibt,

bereits von Euklid bewiesen wurde, blieb die Frage nach der *Verteilung* der P.n in der Menge der natürlichen Zahlen lange Zeit unbeantwortet. Euler zeigte, daß, wenn $\pi(n)$ die Anzahl der P.n bezeichnet, die nicht größer als eine gegebene

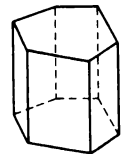
Zahl n sind, der Quotient $\frac{\pi(n)}{n}$ gegen 0 strebt, wenn n unbegrenzt wächst. Das bedeutet, daß in der Folge der natürlichen Zahlen die P.n immer seltener vorkommen. Dabei treten jedoch immer wieder Verdichtungen und Verdünnungen von P.n auf, für die bisher keine Gesetzmäßigkeit gefunden wurde. Die größte bisher bekannte P. ist $2^{2^{217}} - 1$, eine Zahl mit 969 Stellen. Eine einfache Methode zur Bestimmung der P.n ermöglicht das als „Sieb des Eratosthenes“ bekannte Rechenverfahren.

Jede Zahl größer als 1 läßt sich, abgesehen von der Reihenfolge der Faktoren, eindeutig als Produkt von P.n darstellen (*Zerlegung in Primfaktoren*), z. B. $990 = 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 11$. Ist das Produkt $a \cdot b$ durch eine P. p teilbar, so ist mindestens einer der Faktoren a oder b durch p teilbar. Für die zahlentheoretischen Untersuchungen über die Teilbarkeit der natürlichen Zahlen sind die P.n von grundlegender Bedeutung.

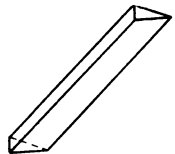
Prinzip der Nichtunterscheidbarkeit, ein Prinzip der statistischen Mechanik, das besagt, daß man in der Mikrophysik gleichartige Teilchen (Elementarteilchen, Atome, Moleküle oder Ionen) grundsätzlich nicht unterscheiden kann. In der \rightarrow statistischen Mechanik ist es ein Hauptproblem, abzuzählen, durch wieviel verschiedene Mikrozustände ein Makrozustand realisiert werden kann. Nun zählen zwei Zustände, die nur durch Vertauschen zweier gleicher Teilchen auseinander hervorgehen, in der klassischen Boltzmannschen Statistik als zwei verschiedene Mikrozustände, denn in der klassischen Physik werden gleiche Teilchen wie makroskopische Körper als unterscheidbar angesehen. Nach dem P. d. N. sind die erwähnten zwei Zustände in der Quantenstatistik nur als ein Mikrozustand zu zählen. Das P. d. N. ist eine Folge der Grundprinzipien der Quantentheorie und besagt, daß die den beiden Zuständen zuzuschreibenden Wellenfunktionen sich bei der Vertauschung zweier gleicher Teilchen nicht ändern oder nur ihr Vorzeichen wechseln. Das P. d. N. ist auf alle Systeme, die aus gleichartigen Teilchen aufgebaut sind (\rightarrow Pauli-Prinzip), anzuwenden. Bei seiner Berücksichtigung erweist sich also die klassische Statistik nicht mehr als zulässig und ist durch die Bose-Einstein- oder Fermi-Dirac-Statistik zu ersetzen (je nachdem, ob der Spin der Teilchen ein geradzahliges bzw. ein ungeradzahliges Vielfaches von $\frac{h}{4\pi}$ ist, h = Plancksches Wirkungsquantum).

Das P. d. N. läßt sich verstehen, wenn man daran denkt, daß es wegen der \rightarrow Heisenbergschen Unschärferelation grundsätzlich nicht möglich ist, das Geschick eines bestimmten Teilchens unter seinesgleichen beobachtend zu verfolgen. Dieser anschaulichen Unmöglichkeit der Unterscheidung muß auch die Theorie Rechnung tragen, indem sie die Statistik durch das P. d. N. ändert.

Prisma, 1) Geometrie: ein Polyeder (Vielflächer), dessen *Grundflächen* (auch Grund- und Deckfläche) parallele, kongruente Vielecke sind. Die *Seitenflächen* sind Parallelogramme und bilden zusammen den *Mantel* des P.s. Je nach Anzahl der Seitenflächen nennt man ein P. dreiseitig, vierseitig usw. Sind die Seitenflächen Rechtecke (d. h. stehen die Seitenkanten senkrecht auf der Grundfläche), so spricht man von einem *geraden P.*, andernfalls von einem *schiefen*



1

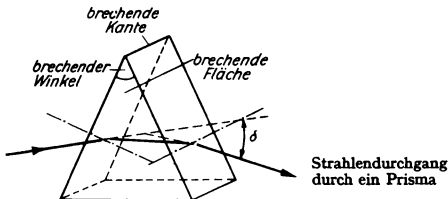


2

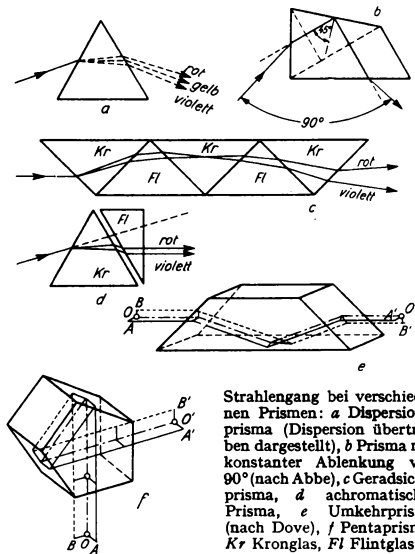
1 Gerades sechsseitiges Prisma, 2 schiefes dreiseitiges Prisma

P. Die Höhe eines P.s ist gleich dem Abstand seiner Grundflächen. Ein P. heißt *regelmäßig*, wenn seine Grundflächen regelmäßige Vielecke sind. Der Rauminhalt eines P.s ist gleich dem Produkt aus Grundfläche und Höhe. Ein P., dessen Grundflächen Parallelegramme sind, heißt → Parallelepip. Sind alle Begrenzungsflächen Rechtecke (Quadrate), so handelt es sich um einen → Quader (Würfel).

2) **Optik:** Körper aus lichtdurchlässigem und -brechendem Stoff, im einfachsten Fall ein Keil. Die beiden Flächen, durch die die Strahlen hindurchtreten, heißen brechende Flächen, der von ihnen eingeschlossene Winkel brechender Winkel, die Gerade, in der die brechenden Flächen des P.s sich schneiden, brechende Kante. Ein durch das P. hindurchgehender Lichtstrahl erleidet zwei Brechungen. Die Gesamtablenkung δ nimmt mit dem brechenden Winkel und der Brechzahl zu und hängt vom Einfallswinkel ab.



Die Ablenkung δ ist am geringsten, wenn der Strahl das P. symmetrisch durchsetzt. In diesem Fall läuft der Lichtstrahl im Innern des P.s in einer zur Basis parallelen Ebene. Weißes Glühlicht wird beim Durchgang durch ein P. in seine Spektralfarben zerlegt (→ Dispersion). Ein in dieser Weise wirkendes P. heißt **Dispersionsprisma**. Außer der o.a. einfachsten Form gibt es zahlreiche abgewandelte Formen. In Spektralapparaten verwendet man häufig Prismen mit konstanter Ablenkung, z. B. von 90° . Für die Spektralanalyse ist ein **Geradsichtprisma** sehr vorteilhaft; dieses ist aus mehreren, abwechselnd angeordneten Kronglas- und Flintglasprismen zusammengesetzt. Zwei Prismen aus verschiedenem Glas können die Farbstreuung kompensieren; in diesem Falle spricht man von einem **achromatischen P.** In **Reflexionsprismen** (Spiegelprismen) verläuft der Strahlengang so, daß keine



Strahlengang bei verschiedenen Prismen: a) Dispersionsprisma (Dispersion übertrieben dargestellt), b) Prisma mit konstanter Ablenkung von 90° (nach Abbe), c) Geradsichtprisma, d) achromatisches Prisma, e) Umkehrprisma (nach Dove), f) Pentaprisma. Kr Kronglas, Fl Flintglas

Dispersion eintritt, sondern **Totalreflexion** in Verbindung mit einer Bildrotation oder Bildumkehr. Beispiele sind das bei der Projektion benutzte **Umkehrprisma** nach Dove und die in Prismenfeldstechern befindlichen **Porroprismen**. Das **Pentaprisma** ändert die Strahlenrichtung um 90° und erzeugt ein seitenrichtiges Bild. Die in Spiegelreflex-Kleinbildkameras verwendeten Pentaprismen sind oben zusätzlich dachförmig abgeschrägt, wodurch die Seitenvertauschung, die durch die Abbildung mit dem Objektiv entsteht, wieder rückgängig gemacht wird. Zur Erzeugung von polarisiertem Licht dienen **Polarisationsprismen** (→ Polarisation).

3) **Kristallographie:** eine in allen Kristallsystemen vorkommende offene Form, die aus einer Folge sich in parallelen Kanten schneidender Flächen besteht. Die Prismenflächen von Kristallen schneiden stets zwei Achsen des Achsenkreuzes im gleichen oder verschiedenen Abstand und sind einer Achse parallel.

Prismatoid, ein Körper mit geradlinigen Kanten, der meist von ebenen Flächen begrenzt ist und dessen sämtliche Ecken in zwei zueinander parallelen Ebenen liegen, z. B. Prisma, Pyramide, Pyramidenstumpf, Obelisk.

Prismenfeldstecher, → Fernrohr.

Prismenkreis, ein auf dem Prinzip des Sextanten beruhendes Gerät zur Messung des Winkels zwischen den Richtungen nach zwei Zielen. Der P. ist mit einem Vollkreis versehen (beim Sextanten Kreissektor); der feste (kleine) Spiegel wird häufig durch ein totalreflektierendes Prisma ersetzt.

Pro, Abk. für → Prolin.

Probergole, → Raketentreibstoffe.

Probierkunde, → Dokimasie.

Prochlorit, → Chlorite 2).

Produkt, in der Mathematik das Ergebnis der Multiplikation.

Produktionsgas, frühere Bezeichnung für → Rohgas.

Profil, 1) Metallurgie: Bezeichnung für die Querschnittskontur von Walzerzeugnissen, z. B. aus Stahl (Profilstahl), Leichtmetalllegierungen oder anderen Metallen. Bei Stahl unterscheidet man z. B. folgende P.e: 1) Formstahl: I- und C-Stahl mit ≥ 80 mm Höhe, Breitflanschträger, Spundwandstahlprofile; 2) Stabstahl: Rund- und Vierkantstahl mit ≥ 5 mm Dicke, Halb- und Sechskant- und Achtekantstahl, T- und L-Stahl, I- und C-Stahl mit < 80 mm Höhe; 3) Breitflachstahl mit > 3 mm Dicke und 150 mm Breite.

2) Flugwesen: die Querschnittsform der Tragfläche und des Leitwerks von Flugzeugen (→ Flugzeug, → Flugmechanik).

3) Zimmerei: der Aufriß (Umrißlinie) vom Querschnitt der Dachkonstruktion auf dem → Schnürboden.

4) Geographie: senkrechter Schnitt durch die Erdoberfläche, der die Höhenverhältnisse veranschaulicht.

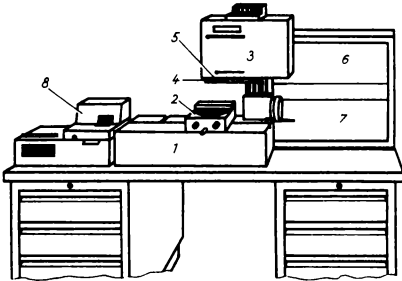
5) Geologie: senkrechter Schnitt durch einen Teil der Erdkruste, in dem die Lagerungsverhältnisse der Gesteine erscheinen.

Profilieren, ein Biegeverfahren für Bleche zur Herstellung langer Biege-Profilstränge. Ein ebener Blechstreifen wird durch paarweise hintereinander angeordnete Biegewalzen geführt und dabei stetig fortschreitend in Richtung der Biegekante entsprechend den Rollenprofilen abgelenkt.

Lit. Aurich: Die Werkzeuge zu Sicken-, Proflier-, Beschneid- und Gewindedrückmaschinen (Leipzig 1950); → Biegen.

Profilstahl, ein gewalzter, gezogener, stranggepreßter oder kaltgezogener Stahl von bestimmten Querschnittsformen (Profile). Man unterscheidet Form-, Stab- und Breitflachstahl (→ Profil 1) sowie Sonderformen wie Istege-, Drillwulst- und Nockenstahl für Stahlbeton.

Profilastschnittgerät, ein Oberflächenmeßgerät, das die → Oberfläche des zu prüfenden Werkstückes mit einer Nadel abtastet. Beim Abtasten wird ein die Tastnadel tragender Meßkopf (Tastsystem) auf Gleitschuhen oder auf einer besonderen Führungsbahn über die Oberfläche des ruhenden Werkstückes geführt, oder das auf einem Meßschlitten aufgelegte Werkstück wird unter dem feststehenden Tastsystem verschoben. Dabei gleitet die Tastnadel fortlaufend auf der Oberfläche, oder sie wird sprungweise mit bestimmter Frequenz aufgesetzt. Die Hubbewegung der Nadel wird in die Anzeige der Rautiefe oder anderer Oberflächenkenngrößen auf rein mechanischem, mechanisch-optischem, piezoelektrischem oder mechanisch-induktivem Wege umgewandelt. Die meisten P.e besitzen eine Einrichtung zur Aufzeichnung des Oberflächenprofils auf Diagrammpapier mit im allgemeinen zwischen 250- und 5000facher, stufenweise wählbarer Vergrößerung.



Profilastschnittgerät ME 10. 1 Meßtisch; 2 das Werkstück tragender Objekttisch; 3 höhenverstellbarer Meßschlitten; 4 Tastsystem, das längs der Geradföhrung 5 bewegt wird; 6 elektronisches Grundgerät zur Erzeugung einer der Nadelbewegung entsprechenden Wechselspannung; 7 elektronisches Rechenggerät zur Berechnung und Anzeige von sechs verschiedenen Oberflächenkenngrößen; 8 Profilschreiber

Progesteron, → Sexualhormone.

Programmierung, 1) Festlegung des Programmes für die Programmsteuerung (→ Steuerung). Man unterteilt in **Positionieren**, d. i. Festlegen der Lage und des Weges, und in **Speichern** (Schaltinformation). Speichermöglichkeiten sind z. B. Kurvenscheibe und Hebel, Lochkarte, Lochstreifen, Magnetband.

2) in der Rechentechnik die Aufstellung eines Rechenplanes für einen → Rechenautomaten aus den gedanklichen Vorstellungen über einen bestimmten Rechenprozeß und die Umsetzung dieses Rechenplanes in eine für den Rechenautomaten verständliche Form. Bei der Programmierung von → Analogierechenautomaten besteht die Aufgabe darin, auf Grund der Problemgleichungen einen **Kopplungsplan** aufzustellen. Dazu werden die Symbole der benötigten Recheneinheiten (z. B. Summator, Integrator, Funktionsgenerator) so miteinander verbunden, daß die technische Realisierung der Zusammenschaltung ein physikalisches Modell des mathematischen Problems darstellt. Die Anschlüsse der im elektronischen Analogierechenautomaten vorhandenen Recheneinheiten sind zusammen auf einem **Programmiersfeld** (meist in Form von Buchsen) angeordnet. Durch Herstellung elektrischer Verbindungen zwischen den entsprechenden Anschlüssen wird der Kopplungsplan dem Analogierechenautomaten mitgeteilt.

Bei der Programmierung von → Digitalrechenautomaten ist Voraussetzung, daß das Lösungsverfahren für ein Problem und damit der Algorithmus festliegt. Aufgabe der P. ist es, hieraus eine Folge von eindeutigen Anweisungen an den

Rechenautomaten abzuleiten, d. h. also das **Programm** aufzustellen. Die Sprache, in der das Programm abgefaßt wird, ist zunächst beliebig. Endprodukt der P. ist jedoch das in der **Maschinensprache**, d. h. in der für den verwendeten Digitalrechenautomaten unmittelbar verständlichen Verschlüsselung formulierte Programm (**Maschinenprogramm**). Als Zwischenglieder zwischen den für den Menschen unmittelbar verständlich beschriebenen Lösungsverfahren und dem Maschinenprogramm fungieren Rechenplan und Pseudoprogramm. Die verwendete Sprache benutzt zwar im wesentlichen Symbole, Abkürzungen und standardisierte Wendungen, ist aber dem menschlichen Verstand angepaßt. Der **Rechenplan** gibt in Listenform (Tab.) oder graphischer Darstellung den Programmablauf wieder und ist meist weitgehend maschinenunabhängig. In graphischer Darstellung erscheint er als Blockdiagramm (Darstellung der groben Struktur) oder als Flußdiagramm (Darstellung der detaillierten Struktur; Abb.).

Start

$$0 \Rightarrow s_0$$

$$1 \Rightarrow i$$

$$M: a_i b_i \Rightarrow p_i$$

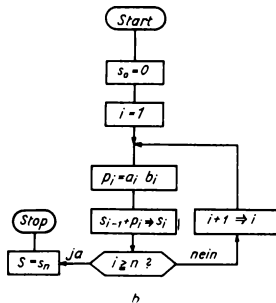
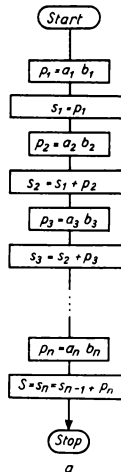
$$s_{i-1} + p_i \Rightarrow s_i$$

falls $i < n$, dann $i + 1 \Rightarrow i$ und springe nach M
sonst $s_n \Rightarrow S$

Stop

Rechenplan in Listenform für die Skalarprodukt-

$$\text{bildung } (S = \sum_{i=1}^n a_i b_i).$$



Flußdiagramm für die Skalarproduktbildung: a gestreckt, b zyklisch

Das **Pseudoprogramm** ist meist weitgehend maschinenunabhängig. Es stellt die Befehlsfolge in einer Sprache dar, die für den Menschen relativ bequem ist und gleichzeitig der Maschinensprache nahekommt, aber noch eine Übersetzung in diese erfordert. Die Grenzen zum Rechenplan sind nicht scharf gezogen; mitunter wird jedes nicht in Maschinensprache abgefaßte Programm als Pseudoprogramm bezeichnet.

Man kann ein Programm auf die Weise herstellen, daß man alle Befehle so untereinander schreibt, wie sie während des Programmablaufes zeitlich nacheinander folgen müssen. Ein solches **gestreckte Programm** (Abb. a) ist im allgemeinen unnötig lang, da fast alle Algorithmen **Zyklen** (Programmschleifen) enthalten, d. h. Teile, die sich zwar auf verschiedene Objekte (Zahlen, Adressen o. ä.) beziehen, aber für diese die gleiche Verarbeitung vorschreiben. Bei der Berechnung des Skalarproduktes z. B. stellt die Produkt- und Teilsummenbildung einen Zyklus dar, der

n -mal durchlaufen wird. Man verwendet daher für die Aufgabe ein *zyklisches Programm* (Abb. b), indem man den Zyklus nur einmal programmiert und erforderlichenfalls einen Zähler für die laufenden Indizes mit programmiert. Die Grundvoraussetzung für die *zyklische P.* ist der *bedingte Sprung*, durch den für den Programmablauf je nach Erfüllung einer Bedingung eine „Weiche“ gestellt wird.

Häufig benötigte Programme, z. B. Wurzel-, Sinus-, Quadratur- und Integrierprogramme, werden in der *Programmbibliothek* zusammengefaßt. Für den leichteren Einbau dieser Programme in umfangreichere Programme (*Hauptprogramme*) werden sie als *abgeschlossene Unterprogramme* ausgelegt. Man versteht darunter Programme, denen ein abgeschlossener Teilalgorithmus zugrunde liegt und die nicht wie die *offenen Unterprogramme* an allen Stellen des Hauptprogramms, von denen aus sie aufgerufen werden können, eingespeichert werden, sondern nur einmal und an einem vom Ort des Hauptprogramms unabhängigen Ort des Speichers. Die beliebige Einspeicherung bedingt, daß die *Adressen* (Kennnummern der Speicherplätze), die in den Befehlen auftreten, bei jeder Verwendung des Programms frei gewählt werden können, ohne daß jedesmal neu programmiert werden muß. Daher werden entweder im Programm relative, d. h. numerische Adressen verwendet, zu denen bei Eingabe des Programms in den Rechenautomaten Zahlen derart hinzugefügt werden, daß die absoluten Adressen entstehen (*Adressenänderung 1. Art, Adressentranslation*), oder es wird mit symbolischen Adressen programmiert, die während des Programmablaufes von einem speziellen Programm in absolute Adressen umgedeutet werden (*adressenlose P.*). Der Einbau eines Unterprogrammes in ein Hauptprogramm bewirkt, daß im Unterprogramm auch mit Größen operiert werden muß, deren Adressen vom Hauptprogramm festgelegt sind (z. B. Rücksprungadresse ins Hauptprogramm). Die automatische Veränderung dieser Adressen in den Unterprogrammbefehlen (*Adressenänderung 2. Art*) geschieht meist durch Adressensubstitution.

Da sich die bei den einzelnen Durchläufen von Programmschleifen benötigten Größen häufig in verschiedenen Speicherzellen befinden, muß von Durchlauf zu Durchlauf eine meist gleichbleibende Adressenweiterzählung möglich sein (*Adressenänderung 3. Art*, meist Erhöhung um eine Spanne, d. h. um eine passende ganze Zahl). Ein wertvolles Hilfsmittel bei allen Adressenänderungen ist das Indexregister, → Digitalrechenautomat.

Die *zyklische P.* und die Unterprogramntechnik sind wesentliche Voraussetzungen für die hohe Wirksamkeit digitaler Rechenanlagen. Um den im Verhältnis zur Rechenzeit noch immer großen Zeitaufwand für die *P.* sowie ihre Fehleranfälligkeit zu reduzieren, wird neuerdings das Übersetzen von Rechenplänen und Pseudoprogrammen in die Maschinensprache dem Digitalrechenautomaten selbst übertragen. Diese *automatische P.* erfordert die Entwicklung geeigneter *algorithmischer Programmierungssprachen*, die alle Unschärfen in der Ausdrucksweise, wie sie z. B. die übliche mathematische Formulierungssprache noch enthält, ausschließen. Die Übersetzung maschinenunabhängiger Rechenpläne (oder Pseudoprogramme) hat den Vorteil, daß universelle und von den Problemstellungen diktierte (problemnahe) Programmierungssprachen verwendet werden können, die sich auch nicht weit von der gewohnten Formulierung mathematischer Prozesse entfernen. Große Bedeutung erlangten bisher **ALGOL** (Abk. von englisch *algorithmic language*) und **FORTAN** für wis-

senschaftlich-technische Probleme sowie **COBOL** für kommerzielle Probleme. Bei Übersetzung der maschinenabhängigen Pseudoprogramme (oder Rechenpläne) muß dagegen für jeden Rechenautomatentyp eine eigene, von den Maschineneigenschaften bestimmte und damit ungewohntere (maschinennahe) Programmierungssprache benutzt werden (Autocode). Das ermöglicht es jedoch, günstigere Maschinenprogramme zu erzeugen. Die Übersetzung von Programmen aus der algorithmischen Programmierungssprache in die Maschinensprache übernehmen *Superprogramme*, die jeder Anweisung eindeutig ein Befehlswort oder eine Folge von Befehlswörtern aus der Befehlsliste zuordnen. Sie arbeiten entweder *interpretierend* (sofortige Ausführung jeder umgedeuteten Anweisung) oder *kompilierend* (Herstellung des gesamten Maschinenprogramms vor Ausführung der eigentlichen Rechnung). Ein Programm für die kompilierende Übersetzung einschließlich Adressenzuweisung und Unterprogrammneinordnung heißt *Compiler* (aus dem Englischen).

Zur weiteren Ausnutzung der Möglichkeiten des Rechenautomaten (Simultananarbeit und Zeitschachtelung, → Digitalrechenautomat) wird die **Parallel-P.** angewendet.

3) mathematische P., die Optimierung (bestmögliche Gestaltung) von Prozessen. Hauptproblem ist die Extremwertbestimmung unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen und Intervallbeschränkungen. Teildisziplinen sind die *lineare P.* bzw. *nichtlineare P.* zur Optimierung von Aufgaben, die durch lineare bzw. nichtlineare Gleichungen beschrieben werden (z. B. Transportprobleme), und die *dynamische P.* zur Optimierung mehrstufiger Entscheidungsprozesse (z. B. technische und ökonomische Steuerungsvorgänge).

Lit. Bachmann: *P. für Digitalrechner* (Berlin 1962); Giloi u. Lauber: *Analogrechnen* (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963); Knödel: *Programmieren von Ziffernrechenmaschinen* (Wien 1961); Sydow: *Programmierungstechnik für elektronische Analogrechner* (2. Aufl. Berlin 1967); Bär: *Elektronische Datenverarbeitung – Grundstufe der COBOL-Programmierung* (3 Bde Berlin 1966); Berge u. Ghoulia-Houri: *Programme, Spiele, Transportnetze*, 2 Tle (dtsh Leipzig 1967); Gnedenko, Koroljuk, Jutschenko: *Elemente der P.* (dtsh Leipzig 1964); Semrad: *P. numerisch gesteuerter Maschinen* (Berlin 1967); Revidierter Bericht über die algorithmische Sprache Algol 60 (dtsh Berlin 1966); → Digitalrechenautomat.

Programmsteuerung, → Steuerung.

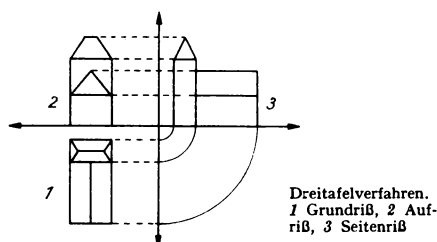
Projektil, svw. → Geschö.

Projektion, 1) Mathematik: ein Abbildungsverfahren der darstellenden Geometrie, bei dem räumliche geometrische Gebilde mittels Strahlen (*Projektionsstrahlen*) auf eine Ebene (Zeichen- oder Bildebene) abgebildet werden. Das entstehende Bild bezeichnet man ebenfalls als *P.* oder als *Riß*. Ein Punkt *P* des räumlichen Gebildes wird durch einen Projektionsstrahl in einen Rißpunkt *P'* auf der Zeichenebene projiziert.

Nach dem Verlauf der projizierenden Strahlen unterscheidet man verschiedene Projektionsarten. 1) Bei der **Zentralprojektion** (auch *Perspektive*) gehen alle Projektionsstrahlen von einem im Endlichen und außerhalb der Bildebene gelegenen Zentrum (Projektionszentrum, Augpunkt) aus. Diese Art der *P.* ist zwar sehr anschaulich, aber wenig maßgerecht. 2) Bei der **Parallelprojektion** sind die Projektionsstrahlen parallel; das Projektionszentrum liegt im Unendlichen. Treffen die Strahlen die Bildebene unter einem spitzen Winkel, also schräg, so spricht man von *schräger (schiefwinkliger) Parallelprojektion*. Stehen die Projektionsstrahlen senkrecht auf der Bildebene, so handelt es sich um *senkrechte (rechtwinkliger bzw. orthogonale) Parallelprojektion*. Letztere Projektionsart hat die größte Maß-

genauigkeit (allerdings auch die geringste Anschaulichkeit) und wird deshalb vor allem bei technischen Zeichnungen angewendet.

Die senkrechte Parallelprojektion auf eine Tafel (*Eintafelverfahren*) ergibt zwar zu jedem Gegenstand einen eindeutigen Riß, jedoch können umgekehrt zu einem solchen Riß voneinander verschiedene Originale gehören. Die eindeutige Zuordnung des Gegenstandes (Originals) zum Riß (Bild) ist erst durch Hinzufügen von Koten (*kotierte P.*) oder eines Höhenmaßstabes möglich, wodurch die Höhe der Raumpunkte festgelegt wird. Statt dessen kann man auch eine zweite senkrechte Parallelprojektion auf einer anderen Bildtafel hinzufügen (*Zweitafelverfahren*). In manchen Fällen werden sogar drei aufeinander senkrecht stehende Bildtafeln verwendet (*Dreitafelverfahren*, Abb.), die man als Grundriß-, Aufriß- und Seitenrißebene bezeichnet. Die entsprechenden Projektionsbilder heißen *Grundriß* (Draufsicht), *Aufriß* (Vorderansicht) und *Seitenriß* (Seitenansicht).



Dreitafelverfahren.
1 Grundriß, 2 Aufriß, 3 Seitenriß

2) Optik: das Erzeugen eines Bildes von einer Vorlage mit Hilfe einer optischen Einrichtung auf einem Bildschirm oder Strahlungsempfänger. Zur P. benutzt man → Bildwerfer.

3) Kartographie: → Kartennetzentwürfe.

Projektionsmikroskop, Sonderform eines Projektionsapparates, bei dem Lichtquelle, Mikroskop und Bildschirm zu einem Gerät vereinigt sind. Die Beobachtung geschieht auf dem Bildschirm (Mattscheibe), wobei das Bild mit einem Maßstab verglichen werden kann. Die gleichzeitige Beobachtung durch mehrere Personen ist möglich. Das P. ist für mikroskopische Serienarbeiten bei gleichbleibendem Abbildungsmaßstab, wie Korngrößenbestimmungen, Messungen an Fasern, Prüfung feiner technischer Erzeugnisse, geeignet. Ein P. ist z. B. das → Lanameter.

projektive Abbildung, **Projektivität**, eine Abbildung, die aus endlich vielen aufeinanderfolgenden → Perspektivitäten zusammengesetzt ist, die also durch eine Reihe von Projektionen bewirkt wird. (Jede Perspektivität ist also insbesondere eine p. A.) Die so erzeugten Projektivitäten sind Kollineationen. Sie bilden die Punktreihen der Originalebene auf projektive Punktreihen der Bildebene ab, d. h. eine eindeutige Abbildung der projektiven Ebene E auf die projektive Ebene E' ist projektiv, wenn durch sie die Punkte einer Geraden der Ebene E übergeführt werden in Punkte der Ebene E' , die ebenfalls auf einer Geraden liegen.

Als **projektive Transformationen** bezeichnet man die eindeutigen Abbildungen der projektiven Ebene oder des projektiven Raumes auf sich selbst, bei denen stets Punkte in Punkte, Geraden in Geraden und Ebenen in Ebenen übergehen. Die Inzidenzverhältnisse bleiben dabei erhalten. Man bezeichnet eine derartige Transformation auch als **kollineare Transformation**. Die projektive Transformation einer projektiven Geraden erfordert eine gesonderte Definition: man versteht darunter eine eindeutige Abbildung dieser Geraden auf sich selbst, bei der die harmonische Lage von vier Punkten erhalten bleibt. Die

projektiven Transformationen einer Geraden, ebenso die einer Ebene oder des Raumes bilden eine → Gruppe. Die grundlegende Invariante der projektiven Transformationen ist das → Doppelverhältnis.

projektive Geometrie, ein Teilgebiet der Geometrie, untersucht diejenigen Eigenschaften von Figuren, die gegenüber projektiven Abbildungen invariant sind. Die Gleichheit von Winkeln und Strecken, die Parallelität und Orthogonalität von Geraden sind keine projektiven Eigenschaften. Dagegen ist die Inzidenz von Punkt und Geraden, das Doppelverhältnis von vier Punkten auf einer Geraden sowie die Zugehörigkeit zur Klasse der Kurven 2. Ordnung eine projektive Eigenschaft einer Figur, d. h., eine Kurve 2. Ordnung geht bei einer projektiven Abbildung wieder in eine Kurve 2. Ordnung über.

Die p. G. ist die allgemeinste Geometrie der projektiven Ebene. Da sie unabhängig ist von der Gültigkeit des Parallelenaxioms, ist es nicht nur möglich, die euklidische Geometrie durch Spezialisierung aus der p.n. G. zu gewinnen, sondern man kann auch → nichteuklidische Geometrie aus ihr entwickeln.

projektive Gerade, **projektive Ebene**, **projektiver Raum**, entstehen aus den Geraden, Ebenen bzw. dem Raum der euklidischen Geometrie durch Hinzunahme der *uneigentlichen (unendlich fernen) Elemente*. Punkte, Geraden und Ebenen des euklidischen Raumes bezeichnet man im Gegensatz dazu als *eigentlich*. Während z. B. in der euklidischen Geometrie zwei parallele Ebenen sich nicht schneiden, sind im projektiven Raum die Operationen des Verbindens und des Schneidens unbeschränkt und eindeutig ausführbar. In ihm gibt es keine Parallelität.

Projektor, swv. → Bildwerfer.

Prolamine, → Proteine.

Prolin, abg. Pro, Pyrrrolidin-(2)-karbonsäure, eine zyklische Iminosäure, die zu den Aminosäuren gezählt wird. Sie kommt vor allem in den Protaminen, Glutelin und Prolaminen vor.

Promethium, Symbol Pm, radioaktives, künstlich hergestelltes chemisches Element aus der Reihe der Lanthanide, Seltenerdmetall; Ordnungszahl 61, Massenzahlen der Isotope 141 bis 144, 145 (2 Kernisomere, davon ist eines das stabilste Isotop mit einer Halbwertszeit von 18 Jahren), 146, 147, 148 (2 Kernisomere), 149 bis 154 und 156, Wertigkeit III; 1945 von Marinsky, Glendenin und Coryell identifiziert. Die Isotope des P.s zerfallen meist unter β -Strahlung in Samarium, einige wandeln sich durch K-Einfang auch in Neodym um. Sie entstehen im Atomreaktor z. T. als indirekte Spaltprodukte des Urans oder beim Beschießen von Neodym mit Protonen, Deuteronen, α -Teilchen oder Neutronen, beim Beschießen von Praseodym mit α -Teilchen oder beim Beschießen von Samarium mit Neutronen. Technische Bedeutung hat das Isotop ^{147}Pm . Es sendet bei seinem Zerfall eine weiche β -Strahlung aus, die sich gut zur berührungslosen Dickenmessung eignet. Ferner bildet es den radioaktiven Bestandteil in Kernbatterien.

Promille, für (auf, vom) Tausend, Zeichen ‰, abg. p. m., vT oder v. T., eine auf die Vergleichszahl 1000 bezogene Zahlenangabe. Für die **Promillerechnung**, die besonders für die Versicherungsrechnung Bedeutung hat, gelten dieselben Gesetze wie für die Prozentrechnung.

Pronyscher Zaun, → Bremsleistung.

Propan, $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$, ein zu den Alkanen gehörender Kohlenwasserstoff. P. ist ein farb- und geruchloses, brennbares Gas (Kp. $-44,5^\circ\text{C}$). Man gewinnt P. aus Erdgas, aus den Abgasen der Erdöldestillation und -hydrierung sowie aus den Crackgasen. Es gehört zu den → Flüssiggasen.

Propanole

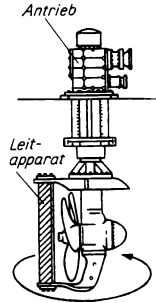
Propanole, Propylalkohole, einwertige Alkohole der allgemeinen Formel C_3H_7OH , von denen es zwei Isomere gibt. Die P. sind farblose, angenehm riechende, brennbare Flüssigkeiten. **n-Propanol** (Kp. 97 °C) gewinnt man technisch durch die Oxosynthese aus Äthin oder auch durch fraktionierte Destillation von Fuselöl. **Isopropanol** (Kp. 82 °C) stellt man technisch aus dem Propen der Krackgase her. Die P. verwendet man unter anderem als Lösungs- und Extraktionsmittel und zur Herstellung von kosmetischen und pharmazeutischen Präparaten.

Propanon, svw. → Azeton.

Propansäure, svw. → Propionsäure.

Propantriol-(1,2,3), svw. → Glycerin.

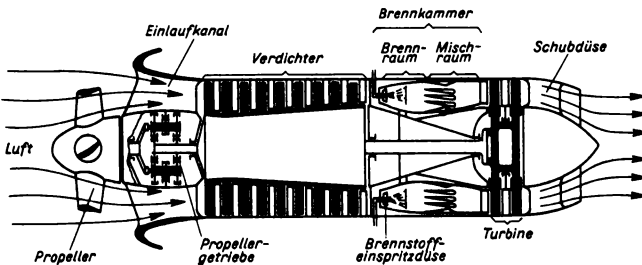
Propeller, 1) **Luftschaube**, eine Vortriebsrichtung für Luftfahrzeuge, auch für kleine Schiffe und Schlitten. Der P. besteht aus 2 bis 5 symmetrisch an einer Nabe befestigten, verwundenen Blättern oder Flügeln aus Leichtmetall oder Stahl, seltener aus Holz mit Metallkanten. Der Durchmesser beträgt je nach Leistung 1 bis 6 m. Bei der Drehung wird die Luft von den Blättern des P.s erfaßt und nach rückwärts geschleudert. Dadurch kommt eine in Flugrichtung wirkende Kraft (Schub) zustande, die den Vortrieb des Fahrzeuges bewirkt. Der Wirkungsgrad moderner P. beträgt bei 650 km/h Fluggeschwindigkeit etwa 83 %. Nach der Konstruktion unterscheidet man 1) **festen P.**, deren Blätter eine unveränderliche Steigung aufweisen; 2) **Einstellpropeller**, deren Blätter im Stand von Hand auf die günstigste Steigung eingestellt werden; 3) **Verstellpropeller**, deren Blätter im Flug der Geschwindigkeit entsprechend automatisch verstellt werden; 4) **Gehäuse- oder Mantelpropeller**, die von einem Blechmantel umgeben (ummantelt oder getunnelt) sind; dieser bewirkt eine Erhöhung des Standschubes. Gehäusepropeller haben z. B. Senkrechtstartflugzeuge. Bei großen Triebwerksleistungen werden Gegenlaufpropeller verwendet, d. h. zwei hintereinander coaxial angeordnete, sich in entgegengesetzter Richtung drehende P. Beide P. werden automatisch auf die gleiche Drehzahl einreguliert. Bei mehrmotorigen Flugzeugen werden die einzelnen P. elektronisch synchronisiert, d. h. ihre Drehwinkel aufeinander abgestimmt, um eine Lärminderung zu erreichen.



Schottel-Ruderpropeller

Zwischen Triebwerk (Propellertriebwerk) und P. muß stets ein **Propellergetriebe** geschaltet werden, das die hohe Drehzahl des Triebwerks (Kolben- oder Propeller-Turbinen-Luftstrahltriebwerk) herabsetzt. Es werden dazu meist Umlaufgetriebe verwendet mit Übersetzungen von etwa 6:1 bis 10:1. Gegenlaufpropeller verbindet man durch ein Differentialgetriebe mit dem Triebwerk.

Werden die Blätter von Verstellpropellern stark negativ eingestellt, so wird der Luftstrom in Flugrichtung beschleunigt. Die mit dieser Umkehr des Propellerstrahls erreichbare Bremswirkung wird häufig als Landehilfe zur Verkürzung der Landestrecke ausgenutzt.



Propeller-Turbinen-Luftstrahltriebwerk im Schnitt

2) **Schiffsschraube** (Tafel 13), eine Flügel-schraube zur Fortbewegung von Schiffen und Booten. Der P. hat meist 3 bis 5, selten 2 Flügel aus einer Sonderlegierung von NE-Metallen, Bronze, Stahl- oder Grauguß. Er ist im allgemeinen am Heck angeordnet und sitzt dort auf dem Ende der **Propellerwelle**, dem hinteren Abschnitt der Wellenleitung. Der Flügelumriß ist meist elliptisch und die Anströmseite ein Teil einer Schraubenfläche. Die Flügelquerschnitte sind tragflügelartig ausgeführt und erzeugen bei der Drehung einen Vortrieb, der als Schub auf die Wellenleitung und von deren Drucklager dicht hinter der Antriebsmaschine auf den Schiffskörper übertragen wird. Anstellwinkel und Durchmesser des P.s werden aus dem aufzubringenden Schub, der geforderten Schiffsgeschwindigkeit und der Wellenumdrehung nach der Wirbeltheorie oder nach Modellversuchen bestimmt.

Meist sind die Flügel auf der Nabe starr befestigt, so daß die Drehrichtung des P.s zur Rückwärtsfahrt und zum Stoppen umgekehrt werden muß. Der **Verstellpropeller** hat dagegen bewegliche Flügel, deren Anstellwinkel je nach der gewünschten Geschwindigkeit verändert werden kann. Die Verstellung geschieht stufenlos durch Fernbedienung von der Kommando- brücke bei gleichbleibender Maschinendrehzahl. Spezialschiffe, z. B. Fährschiffe und Eisbrecher, haben oft auch **Bugpropeller**. Als **Ruder- oder Lenkpropeller** bezeichnet man einen um 360° schwenkbaren P., der außer der Vortriebs- auch eine Ruderwirkung hat, so daß ein Ruder entfällt. Ruderpropeller werden besonders auf Binnenschiffen angewendet und sind oft zusätzlich von einer → Düse umgeben. Die Verbindung mit dem auf dem Heck stehenden oder im Heck eingebauten Motor von 30 bis 600 PS Leistung geschieht über eine senkrechte Welle oder durch Z-förmig angeordnete, durch Kegelradgetriebe verbundene Wellenteile (Z-Antrieb, auf zahlreichen Lastkähnen der DDR aufgebaut). Aus dem Schiffsboden ausfahrbare Ruderpropeller werden auch als Bugsteueranlage verwendet, z. B. der **Schottel-Ruderpropeller** (Schottel-antrieb; Abb.). Weiteres → Voith-Schneider-Propeller, → Schlupf.

Lit. Ulrich u. Dankwardt: Konstruktionsgrundlagen für Schiffsschrauben (Leipzig 1956).

Propellerschlitten, ein → Motorschlitten.

Propellertriebwerk, → Propeller, → Flugtriebwerke.

Propellerturbine, 1) **Propeller-Turbinen-Luftstrahltriebwerk**, abg. PTL, **Turboprop-Triebwerk**, ein → Flugtriebwerk, das zu den Gasturbinen- triebwerken (→ Luftstrahltriebwerk) gehört (Abb.). Der Name besagt, daß der umsetzbare Teil der durch die Verbrennung frei werdenden Wärme größtenteils in mechanische Energie zum Antrieb des Verdichters und des Propellers, der fast den gesamten Schub liefert, umgewandelt wird, während der die Schubdüse verlassende Gasstrom nur einen kleinen Schub, den Restschub, liefert. Die Aufteilung der nutzbaren Enthalpiendifferenz, die nach Abzug der zum Verdichterantrieb erforderlichen Energie von der Gesamthalpiendifferenz übrig bleibt, auf Propeller und Schubdüse hängt von der Fluggeschwindigkeit und von der Flughöhe ab. Der Aufbau und die technische Ausführung des Triebwerks entsprechen denjenigen der Strahl- turbine (→ Luftstrahltriebwerk). Zwischen Triebwerk und Propeller wird ein Propellergetriebe geschaltet (→ Propeller), das die hohe Turbinen- drehzahl auf die für Propeller übliche Drehzahl herabsetzt. Die größten zur Zeit gebauten P.n haben Leistungen bis zu 18000 PS und einen spezifischen Reise-Brennstoffverbrauch (in etwa 8 km Höhe bei etwa 700 km/h Geschwindigkeit

und INA-Verhältnissen, \rightarrow INA) von 0,16 bis 0,18 kg/PS · h.

a) eine \rightarrow Wasserturbine.

Propen, Propylen, $\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2$, ein zu den Alkenen gehörender gasförmiger Kohlenwasserstoff; Kp. $-47,7^\circ\text{C}$. P. fällt in großen Mengen in den Krackgasen der Erdölindustrie an. Es ist Ausgangsprodukt für viele technisch wichtige Verbindungen, z. B. für Kumol und Isopropanol, und läßt sich zu Polypropylen polymerisieren.

Propenal, svw. \rightarrow Akrolein.

Propennitril, svw. \rightarrow Akrylnitril.

Propensäure, svw. \rightarrow Akrylsäure.

Propenyl..., \rightarrow Alkenyl...

Propionsäure, Propansäure, $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COOH}$, eine Monokarbonsäure. P. ist eine farblose, stechend riechende, etwas ölige Flüssigkeit (Kp. 141°C). Ihre Salze und Ester heißen **Propionate**. P. wird technisch nach Reppe aus Äthen, Kohlenmonoxid und Wasser mit Nickel als Katalysator hergestellt. P. dient vor allem zur Herstellung von Zelluloseestern, ferner auch zur Lebensmittelkonservierung. Die Ester der P. sind wichtige Lösungsmittel für Harze und Lacke.

Proportion, Verhältnissgleichung, drückt in der Mathematik die Gleichheit zweier (oder mehrerer) Verhältnisse aus, z. B. $5:15 = 6:18$, allgemein $a:b = c:d$. Die Größen a, b, c, d nennt man die **Glieder** der P. oder **Proportionale**. In jeder P. ist das Produkt der Außenglieder gleich dem der Innenglieder: $a \cdot d = b \cdot c$ (**Produktengleichung der P.**). In einer P. können die beiden Außenglieder miteinander, die beiden Innenglieder miteinander und die beiden Außen- mit den beiden Innengliedern vertauscht werden, d. h. aus $a:b = c:d$ folgt: $a:c = b:d$; $d:b = c:a$; $d:c = b:a$. Eine P. mit gleichen Innengliedern $a:b = b:c$ heißt **stetig**; b ist die **mittlere Proportionale** oder das **geometrische Mittel** von a und c , es gilt $b = \sqrt{a \cdot c}$. Sind 3 Glieder einer P. gegeben, so läßt sich aus ihnen das 4. Glied eindeutig bestimmen (Berechnung der 4. Proportionale):

$a:b = c:x$; $x = \frac{b \cdot c}{a}$. Die Berechnung einer unbekannten Proportionalen in einer P. tritt z. B. in der Dreisatzrechnung auf.

Proportionalität, die einfachste Form der funktionalen Abhängigkeit zweier veränderlicher Größen. Dabei unterscheidet man zwischen direkter und indirekter (umgekehrter) P. Zwei veränderliche Größen y und x nennt man **direkt proportional**, wenn ihr Quotient konstant ist, d. h. wenn sie sich im gleichen Verhältnis ändern. Wenn die eine Größe zunimmt (abnimmt), nimmt auch die andere Größe zu (ab). Analytisch wird dies durch $y = a \cdot x$ ausgedrückt. Den Faktor a nennt man **Proportionalitätsfaktor**. Die graphische Darstellung der Funktion $y = a \cdot x$ ist eine Gerade durch den Nullpunkt des Koordinatensystems mit dem Richtungsfaktor a . Ist von zwei veränderlichen Größen eine der beiden dem reziproken Wert der anderen proportional (d. h., wenn die eine Größe zunimmt, nimmt die andere Größe ab), so heißen die Größen **indirekt (umgekehrt) proportional**. Ihre funktionale Abhängigkeit wird dann durch $y = a \cdot \frac{1}{x}$ oder $xy = a$ ausgedrückt. Die graphische Darstellung dieser Funktion ist eine Hyperbel. (Abb.)

Proportionalzählrohr, ein \rightarrow Strahlungsdetektor aus der Gruppe der Gasentladungsdetektoren. Als Füllgas wird z. B. ein Argon-Methan-Gemisch verwendet. An das P., fast immer eine Zylinderanordnung, wird eine so hohe elektrische Spannung gelegt, daß die unter der Einwirkung der Strahlung primär erzeugten freien Elektronen durch Stoßionisation weitere Ladungsträger freisetzen können. Es kann sich jedoch keine selbständige Entladung ausbilden;

der im P. fließende Strom bleibt der primären Ionisation proportional. Aus diesem Grunde kann mit dem P. im Gegensatz zum Geiger-Müller-Zählrohr die einfallende Strahlung nach Art und Energie unterschieden werden. Wegen des hohen zeitlichen Auflösungsvermögens ist mit dem P. die Messung verhältnismäßig hoher Impulsdichten möglich.

Propyl..., \rightarrow Alkyl...

Propylalkohole, svw. \rightarrow Propanole.

Propylen, svw. \rightarrow Propen.

Prospekt, \rightarrow Bühnentechnik.

Prospektieren, das Suchen nach nutzbaren Lagerstätten mit geologischen, geophysikalischen und geochemischen Methoden und schließlich bergmännischen Verfahren, wie Schürfräben, -schächten, Flach- und Tiefbohrungen.

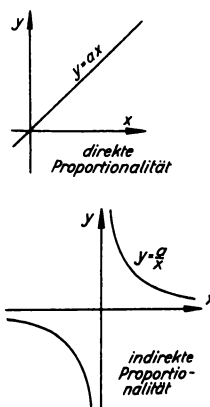
prothetische Gruppe, \rightarrow Fermente.

Protaktinium, Symbol Pa, radioaktives chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der \rightarrow Aktinide; Ordnungszahl 91, Massenzahlen der bis jetzt bekannten Isotope 225 bis 230, 231 (stabilstes Isotop mit einer Halbwertszeit von $3,43 \cdot 10^4$ Jahren), 232 bis 235 und 237, Wertigkeit V oder IV; 1918 von Hahn und Lise Meitner sowie von Soddy und Cranston entdeckt. Das Metall ist glänzend grauweiß und oxydiert an der Luft nicht. ^{231}Pa zerfällt unter α -Strahlung in das Aktinium ^{227}Ac , das dann über neun Stufen bis zum Bleisotop ^{207}Pb weiter zerfällt (\rightarrow Radioaktivität). Als radioaktives Zerfallsprodukt des Urans findet man P. spurenweise in Uranmineralen, so daß die Gewinnung des P.s äußerst schwierig ist. Die Darstellung des Metalls kann durch Zersetzung des Oxids mittels Kanalsstrahlen und durch thermische Zersetzung des Chlorids oder Jodids an einem elektrisch beheizten Wolframdraht im Hochvakuum erfolgen.

Protamine, \rightarrow Proteine.

Proteasen, Bezeichnung für zu den Hydrolasen gehörende Fermente, die Peptidbindungen spalten. Man unterscheidet: 1) **Exopeptidasen**, die eine Peptidkette stets vom Ende her abbauen, wobei die Carboxypeptidasen vom Carboxylende her wirken und die Aminopeptidasen am Aminoende angreifen. 2) **Endopeptidasen** spalten die Eiweißstoffe an bestimmten Positionen in der Kettenmitte. Hierzu gehören Pepsin, Trypsin, Chymotrypsin, Thrombin, Labferment u. a.

Proteide, zusammengesetzte \rightarrow Eiweißstoffe. Sie enthalten außer dem aus Aminosäuren bestehenden Proteinanteil noch prothetische Gruppen. Die **Chromoproteide** enthalten als prothetische Gruppe eine Farbstoffkomponente. Zu ihnen gehören z. B. der rote Blutfarbstoff Hämoglobin, die eisen- und kupferhaltigen Blutfarbstoffe einiger wirbelloser Tiere, der Muskelfarbstoff Myoglobin, das für den Sehvorgang wichtige Rhodopsin und einige Fermente, z. B. die Zytochrome, Katalasen, Peroxydasen und das Warburgsche Atmungsferment. Die **Lipoproteide** enthalten noch Lipide. Sie sind weit verbreitet und kommen z. B. in der Blutfähigkeit vor. Die **Nukleoproteide** enthalten vorwiegend Nukleinsäuren als prothetische Gruppe. Die saure Gruppe der Nukleinsäuren, die Phosphorsäure, vermittelt die Bindung mit den meist basischen Proteinen (Protamine und Histone). Nukleoproteide sind in allen Zellen enthalten und an vielen Vorgängen grundlegend beteiligt (Zellteilung, biologische Synthese der Eiweißstoffe). **Phosphoproteide** enthalten Phosphorsäure, die esterartig an Serin (α -Amino- β -hydroxypropionsäure) oder Threonin (α -Amino- β -hydroxybuttersäure) gebunden ist. Die wichtigsten Phosphoproteide sind das Kasein der Milch, das Ovovitelin im Eidotter, Pepsin und die Phosphorylasen. **Glykoproteide** (Glukoproteide) enthalten neben dem Proteinanteil noch verschiedene Kohlen-



hydratkomponenten, vor allem Glukosamin und das isomere Galaktosamin (Chondrosamin), daneben noch Galaktose, Mannose sowie Glukuron- und Galakturonsäure. Wichtige Vertreter der Glykoproteide sind z. B. die im Speichel enthaltenen *Muzine* und die im Knorpel und Eiweiß vorkommenden *Mukoide*. Bei den **Metallproteiden** sind Metallatome direkt an Proteine gebunden. Zu ihnen gehören z. B. das Coeruloplasmin in der Blutflüssigkeit, das Hepatokuprein in der Leber und die Fermente Urikasen, die Kupfer enthalten.

Proteine, einfache → Eiweißstoffe. Sie bestehen nur aus Aminosäuren. Zu ihnen gehören folgende Eiweißstoffe: **Protamine** sind die am einfachsten gebauten Eiweißstoffe. Sie enthalten Alanin, Arginin, Isoleucin, Prolin, Threonin, Valin, Histidin und Lysin. Sie reagieren stark basisch und kommen besonders reichlich im Fischsperma vor; in Pflanzen fehlen sie völlig. In den Zellen sind sie salzartig an Nukleinsäuren gebunden (Nukleoprotamine). Die **Histone**, die besonders aus Lysin und Arginin bestehen, kommen in den Zellen der roten und weißen Blutkörperchen, im Fischsperma u. a. vor. Die **Prolamine** sind als einzige P. in verdünntem Alkohol löslich. Sie enthalten wie die **Gluteline** vor allem Glutaminsäure und Prolin. Beide P. sind die Haupteiweißbestandteile des Getreidemehls (→ Gluten). **Albumine** und **Globuline** treten stets zusammen auf. Beide enthalten vorwiegend Glutaminsäure, Asparaginsäure und Leucin. Albumine besitzen im Unterschied zu den Globulinen ein niedriges Molekulargewicht, sind stark schwefelhaltig und in salzfreiem Wasser löslich. Zum Aussalen der Albumine sind hohe Salzkonzentrationen nötig. Die wichtigsten Vertreter dieser im Tier- und Pflanzenbereich weitverbreiteten Pflanzenart sind das *Eialbumin* (*Ovalbumin*) aus dem Hühnerei, die im Blutserum und in der Lymphe vorkommenden *Serumalbumine*, das in der Milch enthaltene *Milchalbumin* (*Laktalbumin*), das *Leukosin* des Weizens, das giftige *Rizin* des Rizinusamens und das *Legumelin* der Erbse. Ein Gemisch unreiner Eiweißstoffe aus Hühnereiweiß und Blutserum von Rindern ist das *technische Albumin*, das als Klebemittel, als Klärmittel für trübe Flüssigkeiten und zur Herstellung der photographischen Albuminpapiere dient. Die wasserunlöslichen Globuline teilt man nach ihrer elektrophoretischen Beweglichkeit in α -, β - und γ -Globuline ein. Aus dem γ -Globulin bilden sich Abwehrstoffe (Antikörper) gegen Infektionserreger. Die wichtigsten tierischen Globuline sind die *Serumglobuline* im Blut, besonders das *Fibrinogen*, die Muskeleiweißstoffe *Myosin* und *Myogen*, die *Laktoglobuline* der Milch, das *Eiglobulin* und das *Thyreoglobulin* der Schilddrüse. Pflanzliche Globuline sind z. B. im Hanfsamen, im Mais und auch in Kartoffeln enthalten. Die **Globine** sind Bestandteile von Chromoproteiden, z. B. von Hämoglobin. Die Globine der einzelnen Tierarten sind unterschiedlich und weisen einen verschiedenen hohen Gehalt an Histidin auf.

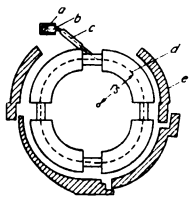
Die **Skleroproteine** (**Gerüsteiweißstoffe**, **Faserproteine**) bilden die Gerüstsubstanz im tierischen Organismus; in Pflanzen wurden sie nicht gefunden. Sie sind in Wasser und Salzlösungen unlöslich. Zu ihnen zählen *Kollagene*, die Haupteiweißstoffe der Haut, der Knorpel und Knochen. Sie werden durch Umsetzung mit Wasser zu Gelatine und Leim verarbeitet. *Elastine* sind die Haupteiweißstoffe des elastischen Bindegewebes, z. B. der Fasern, Sehnen und Gefäße. *Keratine* (*Hornsubstanzen*) finden sich im Epithelgewebe tierischer Organismen, besonders in Hornhaut, Haaren, Federn, Nägeln, Hörnern, Hufen und Geweihen. Keratine sind stark schwefelhaltig, zäh, elastisch, dabei fest und oft sehr hart. Sie

dienen zur Herstellung von Knöpfen, Kämmen und Schmuckgegenständen. *Seidenproteine* sind die Eiweißstoffe der Naturside. Zu ihnen gehören *Serizin* (Seidenleim) und das faserbildende *Fibroin*, die vor allem Serin enthalten. Die halogenhaltigen **Skelettine** bilden die Gerüstsubstanz der wirbellosen Tiere, z. B. des Badeschwammes, der Korallen und Weichtiere.

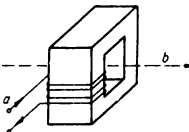
Protium, leichter Wasserstoff, ^1H , das leichteste Wasserstoffisotop; F. – 259,19 °C, Kp. – 252,76 °C. P. ist im gewöhnlichen Wasserstoff zu 99,9851 % enthalten, und zwar größtenteils in Form von Protiumdoppelmolekülen H_2 ; zu einem geringen Teil verbindet es sich mit den Deuteriummolekülen zu Deuteriumwasserstoff: $\text{H}_2 + \text{D}_2 \rightarrow 2\text{HD}$. In seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften stimmt P. mit gewöhnlichem Wasserstoff fast völlig überein. P. geht durch Elektronenabgabe in das positiv geladene Proton $^1\text{H}^+$ (in Kernphysik und -chemie als p bezeichnet) und durch Elektronenaufnahme in das negativ geladene Hydridion $^1\text{H}^-$ über. Zur Herstellung von P. wird Wasser elektrolysiert; der dabei frei werdende Wasserstoff ist zunächst an P. angereichert. Er wird zu Wasser oxydiert und erneut elektrolysiert.

Proton, Zeichen p, ein schweres Elementarteilchen, das zur Klasse der Baryonen gehört, und zwar mit den Neutronen zu den Nukleonen. Es hat die Masse 938,256 MeV und eine positive Elementarladung. Das P. trägt den Spin $1/2$, genügt damit der Fermi-Dirac-Statistik (→ statistische Mechanik), und hat ein magnetisches Moment von 2,793 Kernmagnetonen (→ Magneton). Das isolierte P. ist der Kern des Wasserstoffisotops mit der Massezahl 1 und gleichzeitig das Ion des Wasserstoffatoms. P. en lassen sich auf Grund ihrer Ladung in Teilchenbeschleunigern auf hohe Geschwindigkeiten bringen. Sie dienen dann häufig als Geschosse bei Kernumwandlungen. Dem P. wird als Antiteilchen das **Antiproton**, Zeichen \bar{p} , zugeordnet. Es trägt im Gegensatz zum P. eine negative Elementarladung und wurde 1955 beim Beschuß von Kupfer mit äußerst schnellen Protonenstrahlen entdeckt, nachdem schon vorher in der Höhenstrahlung Hinweise auf die Existenz von Antiprotonen gefunden worden waren. → Elementarteilchen (Tab.).

Protonensynchrotron, **Ionensynchrotron**, in der UdSSR als **Synchrophasotron** bezeichnet (Tafel 44), ein Kreisbeschleuniger für Protonen oder schwerere Ionen. Während die Teilchen im Zyklotron oder im Synchrozyklotron eine nahezu spiralförmige Bahn beschreiben, ist die Bahn im P. eine Kreisbahn mit konstantem Radius (Abb. 1), die bei einigen Anlagen durch geradlinige Beschleunigungsstrecken erweitert wird, so daß die Form einer Rennbahn entsteht. Es ist infolgedessen beim P. nicht notwendig, das magnetische Führungsfeld über die gesamte von den Teilchen umfahrene Fläche auszudehnen; an die Stelle eines massiven Magneten tritt ein Ringmagnet, der das Führungsfeld lediglich im Bereich der Ringröhre erzeugt, wodurch sehr viel Material eingespart wird. Beschleunigt werden die Teilchen entweder durch röhrenförmige Elektroden, oder das beschleunigende elektrische Feld wird durch rasche Änderung des magnetischen Flusses innerhalb eines ringförmig um die Bahn angeordneten Trafokernes aus Hochfrequenzseisen (Abb. 2) erzeugt. Damit der Radius der Kreisbahn auch bei zunehmender Geschwindigkeit der Teilchen konstant bleibt, muß gleichzeitig die magnetische Feldstärke des Führungsfeldes ansteigen. Mit der Vergrößerung der Geschwindigkeit sinkt die Umlaufzeit, weshalb die Frequenz der Beschleunigungsspannung entsprechend zunehmen muß. Hierdurch unterscheidet sich das P. vom Elektronensynchrotron, in



1 Grundriß eines typischen Protonensynchrotrons. a Ionenquelle, b Kaskadengenerator oder Bandgenerator zum Einschub in den Linearbeschleuniger, c Linearbeschleuniger zum Einschub in das Protonensynchrotron, d Teilchenbahn, e Betonschutzwand, f Sollkreisradius



2 Beschleunigung durch einen Hochfrequenzseisen-Ring. a Eingang für die Beschleunigungsimpulse, b Teilchenstrahl

dem die Elektronen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit eingeschossen werden und die Beschleunigungsfrequenz infolgedessen konstant bleiben kann. Auch das P. arbeitet, wie alle Kreisbeschleuniger außer dem klassischen Zyklotron, im Impulsbetrieb; zu Beginn werden die Teilchen mit Hilfe eines Linearbeschleunigers vorbeschleunigt in die Ringröhre eingeschossen; dann findet der Beschleunigungsvorgang statt. Wenn die Maximalenergie erreicht ist, werden die Teilchen mit Hilfe einer Ablenkelektrode aus der Sollbahn herausgeführt. Die gesamte Dauer eines derartigen Vorganges beträgt je nach Größe der Anlage einige Sekunden. Wegen der verhältnismäßig langen Dauer eines Beschleunigungsvorganges ist die Impulsfolge bedeutend geringer als im Synchrozyklotron (alle 5 bis 10 Sekunden ein Teilchenimpuls). Die Teilchen bleiben während des Beschleunigungsvorganges nicht exakt auf einer schmalen Bahn, sondern sie pendeln um die Mittellinie der Bahn, den Sollkreis. Diese Schwingungen heißen Betatronschwingungen, da sie zuerst am Betatron untersucht wurden. Damit die Teilchen bei diesen Schwingungen nicht an die Wandungen der Kammer stoßen, wobei sie verloren gehen würden, muß die Ringröhre im P. einen genügend großen Querschnitt haben. Beim P. des Vereinigten Instituts für Kernforschung in Dubna (UdSSR), wo Protonen mit einem 9-MeV-Linearbeschleuniger eingeschossen werden, beträgt die maximal erreichbare Protonenenergie 10 GeV (Gigaelektronenvolt). Die Protonen durchlaufen mit 4,5 Millionen Umläufen insgesamt etwa 800 000 km, d. h. die mehr als doppelte Strecke Erde – Mond. Die Kammer hat eine Breite von 1,5 m, eine Höhe von 0,6 m, ein Volumen von 160 m³ und einen Bahndurchmesser von 28 m; der Magnet wiegt 36 000 t. Die Protonenenergie des als **Bevatron** bezeichneten P.s in Berkeley (USA) beträgt 6,4 GeV, die des als **Cosmotron** bezeichneten P.s im Brookhaven-Nationallaboratorium in Upton (USA) 2,3 GeV.

Um die Schwingungsamplituden und damit den erforderlichen Kammerquerschnitt herabzusetzen, wurde das **Synchrotron mit alternierenden Gradienten**, abg. **AG-Synchrotron**, entwickelt. Im P. ändert sich zwar die magnetische Feldstärke während des Beschleunigungsvorganges (zeitliche Zunahme), sie ist aber an allen Orten längs der Bahn gleich, lediglich in radialer Richtung findet – wie im Betatron – zwecks Fokussierung der Teilchen ein schwacher Feldabfall statt. Im Gegensatz dazu wird im AG-Synchrotron das magnetische Führungsfeld in eine größere Anzahl Segmente unterteilt, die abwechselnd ein nach außen oder nach innen schwächer werdendes Feld erzeugen, was durch geeignete Formgebung der Polschuhe erreicht wird (alternierender Gradient bedeutet wechselnde Feldänderung). Durch diese Anordnung wird eine Fokussierung (Bündelung) des Protonenstrahles abwechselnd in radialer (horizontaler) und axialer (vertikaler) Richtung erzwungen. Beim P. der CERN (Abk. für Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) in Genf wird die Bündelung des Protonenstrahles durch zusätzlich eingebaute elektrische Linsen verbessert. Die Protonen werden mit einem Linearbeschleuniger auf 50 MeV vorbeschleunigt, die Beschleunigung auf der Kreisbahn erfolgt mit Hilfe von Hochfrequenzseifen-Ringen. Durch besondere Fühlerrelektroden wird die jeweilige Lage des vorüberlaufenden Protonenschwarmes exakt registriert und ausgewertet, um über ein elektronisches Steuersystem die Beschleunigungsfrequenz genauestens der augenblicklich herrschenden Feldstärke des Führungsfeldes und dem Ort des Protonenschwarmes anzupassen. Das AG-Prinzip kann auch im Elektronensynchrotron und im Zyklotron angewandt werden. Über be-

kannte P.e, die nach dem AG-Prinzip arbeiten, verfügt neben der CERN das Brookhaven-Nationallaboratorium. Die Protonenenergie beläuft sich in Upton auf 32 GeV, in Genf auf 28 GeV. Das gegenwärtig größte P. mit einer Protonenenergie von 70 GeV und einem Sollkreisradius von 235 m wurde im Institut für Hochenergiephysik in Serpuchow bei Moskau Ende 1967 in Betrieb genommen.

Bei theoretischen Untersuchungen über die Möglichkeiten des AG-Prinzipes wurde festgestellt, daß es grundsätzlich möglich ist, eine AG-Beschleunigungsanlage zu konstruieren, in der das Magnetfeld zeitlich konstant bleibt (**FFAG-Prinzip**, d. h. AG-Prinzip mit festen Feldern). Da in einer derartigen Maschine die Felderregung mit Gleichstrom erfolgen könnte, würde sich mit dem FFAG-Prinzip eine wesentliche Verbilligung ergeben; die Untersuchungen hierüber sind noch im Fluß.

Proton-Proton-Prozeß, → Kernfusion.

Prototropie, → Tautomerie.

Protuberanz, → Sonne.

Proustite, ein → Rotgültigerz.

Provitamin, die unwirksame Vorstufe eines Vitamins, die vom Organismus aufgenommen und in ein Vitamin umgewandelt werden kann. Als P.e wirken z. B. Ergosterin, α -, β - und γ -Karotin.

Prozent, für (auf, vom) Hundert, Zeichen %, abg. p. c., vH oder v. H., eine auf die Vergleichszahl 100 bezogene Zahlenangabe. Zum Beispiel bedeuten 20 % einer Gesamtmenge soviel wie

$\frac{20}{100} = \frac{1}{5}$ dieser Menge. In der **Prozentrechnung** werden die Teile oder Vielfachen einer Gesamtmenge (im allgemeinen eine benannte Zahl) in P.en angegeben, d. h. als Hundertstel bezogen auf die Gesamtmenge als Einheit. Die Gesamtmenge bezeichnet man als **Grundwert G** (er entspricht 100 %), der **Prozentsatz p** gibt die P.e an, und der **Prozentwert P** beträgt denselben Teil vom Grundwert wie der Prozentsatz von der Vergleichszahl 100. Es gilt demnach die Beziehung

$\frac{P}{G} = \frac{p}{100}$. Sind also zwei der drei Größen p , P und G bekannt, so kann man die dritte berechnen: $P = \frac{G \cdot p}{100}$; $p = \frac{P \cdot 100}{G}$; $G = \frac{P \cdot 100}{p}$.

Haben in einer Schulklasse von 36 Schülern 5 Schüler die Abschlußprüfung mit der Note 1 bestanden, dann ist $p = \frac{5 \cdot 100}{36} = 13,88$, d. h.,

13,88 % der Schüler erhielten die Note 1.

Die Prozentrechnung ist von besonderer Bedeutung für das kaufmännische Rechnen.

Prozeßrechner, ein → Rechenautomat zur Überwachung, Steuerung und Regelung von industriellen und ökonomischen Prozessen, z. B. in Raffinerien, bei der Stahl- und Energieerzeugung, bei der Verkehrsüberwachung. Die Informationen über Verlauf und Zustand des Prozesses werden dem P. zugeführt, der sie in Anweisungen zur Beeinflussung des Prozesses verarbeitet. Wird zur Informationsübertragung vom Prozeß zum Rechenautomat oder vom Rechenautomat zum Prozeß der Mensch zwischengeschaltet, spricht man von **Off-line-Betrieb**; besteht auf beiden Seiten eine direkte Verbindung, so arbeitet der P. im **On-line-Betrieb**. P. können universelle oder spezielle → Analogierechenautomaten oder → Digitalrechenautomaten sein. Mit Analogierechenautomaten läßt sich der Prozeß stetig und billiger steuern, mit Digitalrechenautomaten nur diskret, dafür aber im allgemeinen präziser und mit höherer Anpassungsfähigkeit.

P. im engeren Sinne sind Digitalrechenautomaten im On-line-Betrieb. Die Erfassung der

Meßwerte, z. B. von Drücken, Konzentrationen von Substanzen, pH-Werten in einer chemischen Anlage, erfolgt mit Meßgliedern, deren Ausgänge in → Analog/Digital-Umsetzer geführt sind. Die auf diese Weise dem P. angebotenen Zahlen werden mit Hilfe eines Programmes, das auf Grund der Prozeßgleichungen entstanden ist oder das bei Unkenntnis der Prozeßgleichungen vom P. selbst auf Grund von Erfahrungen mit dem Prozeß nach und nach gewonnen wird, zu Steuerbefehlen verarbeitet. Diese werden direkt oder über → Digital/Analog-Umsetzer den Steuereinrichtungen zugeführt, die die Eingriffe in den Prozeß vermitteln (z. B. Einstellung von Ventilen). Zur ökonomischen Verwendung eines Digitalrechenautomaten als P. muß dieser folgende Eigenschaften aufweisen: eine große Zahl von Kanälen zur Meßwertfassung und zum Anschluß von Umsetzern, die Möglichkeit des automatischen Eingriffes in den Programmablauf (z. B. zur Unterbrechung der Rechnung zugunsten einer Meßwertaufnahme bei Anfall eines Meßwertes), ein den Erfordernissen der Prozeßsteuerung angepaßtes Befehlssystem (Schwerge- wicht auf logischen und Sprungbefehlen), eine Wortlänge von 14 bis 24 bit, eine hohe Rechengeschwindigkeit (möglichst 10^4 bis 10^6 Operationen/s) und hohe → Zuverlässigkeit. Die beiden letzten Eigenschaften sind besonders deshalb wichtig, weil P. häufig im *Echtzeitbetrieb* arbeiten (d. h. die Ermittlung der Steuerbefehle muß in vom Prozeß vorgegebenen Zeitspannen erfolgen) und dabei u. U. Meßwerte in großer Zahl binnen kürzester Fristen verarbeiten müssen und weil Fehler in der Prozeßsteuerung kostspielige Schäden an den Produkten und an der Prozeßanlage verursachen können.

Lit. → Digitalrechenautomat, → Analogirechenautomat.

Prusside, Prussiate, Eisenverbindungen, bei denen eine Zyangruppe des $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^-$ -Ions durch eine andere Gruppe ersetzt ist, z. B. Nitroprussidnatrium $\text{Na}_2[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_5\text{NO}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, eine rubinrote, sehr giftige Verbindung, die zum Nachweis von Sulfiden dient. Durch Oxydation mit Brom gehen Eisen(II)-prusside in Eisen(III)-prusside über.

PS, Kurzz. für → Pferdstärke. Über die Unterschiede zwischen DIN-PS, SAE-PS und CUNA-PS → Verbrennungsmotor.

Psammmit, ein mittelkörniges Sedimentgestein, → Gestein.

Psephit, ein grobkörniges Sedimentgestein, → Gestein.

Pseudomorphose, die Änderung der physikalischen Zustandsform oder die chemische Umwandlung eines Minerals unter Beibehaltung seiner Kristallform. Bei den **physikalischen P.n** oder **Paramorphosen** bleiben die äußere Form und die chemische Zusammensetzung erhalten, z. B. Kalzit nach Aragonit; bei den **chemischen P.n** sind Bestandteile ausgetauscht, z. B. Gips nach Anhydrid, oder an die Stelle der ursprünglichen Substanz ist eine neue getreten, z. B. Hämatit nach Kalkspat.

PSh, Kurzz. für → Pferdstärke.

Psilomelan, → Braunstein.

Psychogifte, Giftstoffe, die die Verhaltensweise von Menschen und Tieren in anomalem Sinne beeinflussen; eine Gruppe der → Nervengifte. Die P. sind z. T. gasförmig oder leicht aerolisierbar (daher oft unexakt auch als **Angstgase** bezeichnet) und rufen z. B. Verwirrtheit, Angst, unbegründete Lust- oder Wutgefühle hervor. Bekannte P. sind z. B. Meskalin, Lysergsäure-diäthylamid, Dimethyltryptamin, bestimmte Benzilsäureester sowie einige organische Phosphorsäurederivate. P. können für medizinische Zwecke (z. B. zur psychiatrischen Begutachtung) verwen-

det werden, ferner ist ihr Einsatz als Kampfstoffe (**psychoaktive Kampfstoffe**) denkbar.

Psychrometer, ein Gerät zum Messen der → Feuchtigkeit.

Pt, Symbol für → Platin.

PTL, → Propellerturbine.

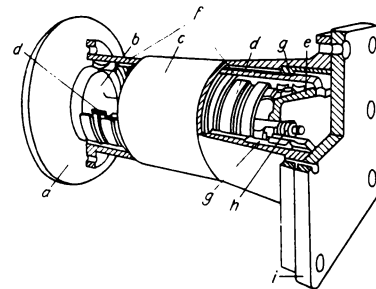
Ptolemäisches System, ein → geozentrisches System.

Ptomaine, svw. → Leichengifte.

Ptyalin, → Amylasen.

Pu, Symbol für → Plutonium.

Puffer, 1) Eisenbahn: eine an der rechten und linken Stirnseite von Eisenbahnwagen angebrachte Vorrichtung zur Aufnahme von Stoßkräften. Ein P. besteht aus einem Gehäuse mit eingeschlossener Feder. Verwendet werden unter Vorspannung eingesetzte Kegelfedern, energieverzehrende Reibungsfedern (Ringfedern), Flüssigkeitsfedern oder Gummifedern. Die Feder wird beim Aufeinandertreffen zweier Wagen durch Pufferteller und Pufferstange zusammengedrückt.



Hülspuffer mit Ringfeder. a Pufferteller, b Druckstück, c Pufferhülse, d Ringfeder, e Vorspanntopf, f Pufferstößel, g Anschlagstück, h Vorspannschraube, i Puffergrundplatte

2) Chemie: eine Lösung, deren pH-Wert sich bei Zugabe von Wasserstoff- oder Hydroxidionen nur unwesentlich ändert. Die Wirkung der Pufferlösung beruht auf dem Abfangen der Wasserstoff- oder Hydroxidionen durch Bildung schwacher Säuren und Basen. Zum Abpuffern von Wasserstoffionen eignen sich Salze aus schwachen Säuren und starken Basen, z. B. Natriumazetat, Natriumphosphat und Borax, zum Abpuffern von Hydroxidionen Salze aus starken Säuren und schwachen Basen, z. B. Ammoniumchlorid, zum Abpuffern von Wasserstoff- und Hydroxidionen Lösungen äquimolarer Mengen einer schwachen Säure und ihres Alkalisalzes, einer schwachen Base und eines ihrer gut dissoziierenden Salze oder zweier Alkalisalze einer mehrbasigen Säure.

Puffergemische sind für den ganzen pH-Bereich zusammenstellbar und besonders für biochemische Untersuchungen wichtig. Die physiologisch wichtigste Pufferlösung ist das Blut, das beim Menschen bei 37 °C gewöhnlich einen pH-Wert von 7,35 besitzt. Eine Versäuerung des Blutes durch die bei der Atmung entstehende Kohlensäure oder die bei der Muskelarbeit als Zwischenprodukt gebildete Milchsäure wird durch die im Blut enthaltenen und als Puffersubstanz wirkenden Verbindungen Natriumhydrogenkarbonat, Natriumhydrogenphosphat und Hämoglobin vermieden.

Pufferbatterie, eine Akkumulatorenbatterie, die dauernd mit dem Stromverbraucher und mit der Ladequelle (Stromerzeuger) verbunden ist und somit immer im geladenen Zustand gehalten wird. P.n gleichen Leistungsspitzen in Gleichstromnetzen aus (Speicherwirkung) und dienen zur Spannungskonstanthaltung (→ Stabilisator). **Pullen**, → Ruderboot.

Pulper, swv. → Stofflöser.

Pulsomodulation, swv. → Impulsmodulation.

Pulsometer, Gasdruckpumpe, eine kolbenlose Pumpe zum Fördern von Flüssigkeiten mit Hilfe von Gasen, vorwiegend zur Wasserförderung mittels Wasserdampf. Das Gas tritt wechselweise in zwei Kammern mit Saug- und Druckventilen ein, drückt die darin befindliche Flüssigkeit in eine Leitung und kondensiert, so daß ein Vakuum entsteht, wodurch Flüssigkeit in die Kammer nachgesaugt wird. Darauf beginnt der gleiche Arbeitsprozeß von neuem.

Pulsostrahlrohr, ein → Luftstrahltriebwerk.

Pulvermetallurgie, früher **Metallkeramik**, zusammenfassende Bezeichnung für alle metallurgischen Verfahren zur Herstellung von Halbzeugen und Fertigteilen aus Pulvern von Metallen oder Metallverbindungen, in einigen Fällen auch unter Zusatz von nichtmetallischen Bestandteilen. Die Verbindung der Pulverteilchen geschieht meist durch Druck und nachfolgendes Sintern unterhalb des Schmelzpunktes. Die Verfahrensstufen sind:

1) Gewinnung des Metallpulvers durch a) Kondensation oder Zerlegen metallhaltiger Dämpfe, b) elektrolytisches Abscheiden, gegebenenfalls mit nachfolgender weiterer Zerkleinerung des spröden Metallniederschlags, c) mechanisches Zerkleinern von festen Metallen, d) Zerstäuben von Schmelzen, e) mechanisches Zerkleinern von Metallegierungen in einem Temperaturbereich, in dem sie gleichzeitig in flüssiger und fester Phase auftreten, f) Reduktion von gepulverten Metalloxiden, g) Ausfällen von Metallen in Pulverform aus ihren Lösungen mit Reduktionsmitteln.

2) Pressen des Pulvers bei Raumtemperatur oder erhöhter Temperatur und meist nicht über 8 MPa cm^{-2} Druck zu Formteilen. Auch das Schlickergießen, Strangpressen und Walzen von Metallpulvern wird zur Formgebung angewandt.

3) Sintern des geformten Pulvers (→ Sintern 3).

4) Nacharbeit durch Abspannen, Umformen, Wärmebehandlung, Oberflächenbehandlung oder Tränken mit niedrigerschmelzenden Metallen (→ Tränklegerungen) oder Schmiermitteln (→ Sintermetalle). Das Nachpressen von gesinterten Formstücken im Gesenk zur Verbesserung der Maßhaltigkeit bezeichnet man als **Kalibrieren**.

Durch P. gewinnt man einerseits Werkstoffe, die nach anderen Verfahren nicht oder nur schwierig zu gewinnen und zu verarbeiten sind, wie höchstschmelzende Metalle (z. B. Wolfram), gesinterte Hartmetalle, Pseudolegerungen aus Metallen, die sich in flüssigem Zustand nicht legieren lassen, porige Werkstoffe (Porigkeit bis 50 %) sowie Reinstmetalle. Andererseits wird die P. an Stelle der üblichen Weiterverarbeitung von Metallen (Abspannen, Umformen u. a.) angewendet, wenn sie besondere wirtschaftliche Vorteile bietet, wie bessere Ausnutzung des Werkstoffs und Wegfall von Nacharbeit, weil das Werkstück in einer Form entsteht, die keine oder nur geringe Bearbeitung erfordert.

Durch P. werden z. B. folgende in der modernen Technik unentbehrlichen Werkstoffe und Erzeugnisse hergestellt: gesinterte Hartmetalle aus Wolfram- und Titankarbid mit Bindemetallen (wie Kobalt), Kontaktlegierungen aus Wolfram und Kupfer für Hochleistungsschalter, Gleit- oder Reibwerkstoffe aus Bronze oder Eisen mit Graphitzusatz, mit Öl getränkte selbstschmierende Gleitlager, Dauermagnete, Dichtungsringe, Metallfilter (für Brennstoffe, aggressive Lösungen und Gase), Flammensperren in Gasleitungen, Maschinenteile (aus unlegiertem oder legiertem Sinterstahl), insbesondere im Fahrzeug- und Büromaschinenbau, Armaturen u. a.

Zu den pulvermetallurgischen Werkstoffen müssen auch solche gezählt werden, die lediglich durch Verpressen von Pulver mit Bindemitteln entstanden sind. Dazu gehören die Massekerne, die aus Karbonyleisen und einem isolierenden organischen Bindemittel, z. B. Phenolharz, erzeugt werden und als magnetisch weiche Werkstoffe für Kerne in Pupin- und Hochfrequenzspulen dienen, ferner Dauermagnete aus vorlegiertem Eisen-Aluminium-Nickel-Pulver mit Kunstharzzusatz.

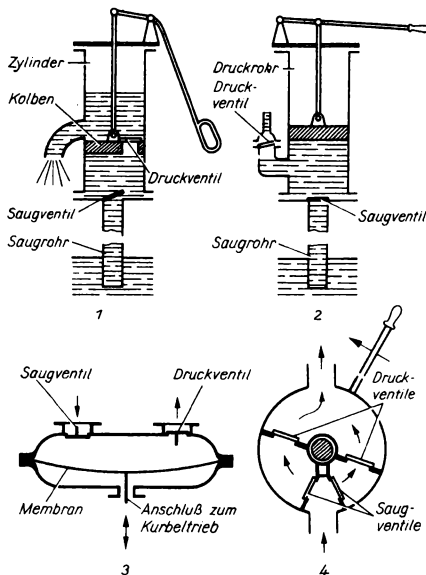
Lit. Eisenkolb: Fortschritte der P., Bd I und II (Berlin 1963), Einführung in die Werkstoffkunde, Bd V: P. (2. Aufl. Berlin 1967).

Pumpe, 1) eine Arbeitsmaschine zum Fördern von Flüssigkeiten. Flüssigkeitspumpen können nach der Art der Förderung eingeteilt werden in Verdränger-, Kreisel- und Strahlpumpen. **Verdrängerpumpen** weisen einen festen Verdränger (Kolben, Membran, Flügel usw.) oder einen gasförmigen Verdränger (Luft, Gas oder Dampf) zur absatzweisen oder stetigen Förderung auf. **Kreiselpumpen** fördern stetig, wobei die Arbeitsübertragung an die Förderflüssigkeit durch Strömungsvorgänge im Laufrad erfolgt. **Strahlpumpen** fördern ebenfalls stetig, wobei die Arbeitsübertragung durch Strömungsvorgänge erfolgt und sich das Antriebsmedium mit dem Fördermedium mischt. Als Treibmittel für Strahlpumpen können Flüssigkeiten oder Dämpfe verwendet werden.

Nach TGL 6267 werden die P.n eingeteilt in Hubkolben-, Umlaufkolben-, Kreiselradpumpen und Sonderbauarten. 1) **Hubkolbenpumpen**. a) Bei der **Kolbenpumpe** wird beim Saughub eines oszillierenden Kolbens (Tauch-, Scheiben-, Stufen-, Ventilkolben) über ein sich nach innen öffnendes Saugventil in der Gehäusewand die Förderflüssigkeit in einen zylindrischen Arbeitsraum gesaugt. Beim Rückgang des Kolbens (Druckhub) tritt die Flüssigkeit durch ein sich nach außen öffnendes Druckventil der Pumpe aus (**Saugpumpe**), oder sie wird über das Druckventil in die Druckleitung gedrückt (**Druckpumpe**). Kolbenpumpen können einfachwirkend ausgeführt sein (Hin- und Hergang bewirken zusammen nur einen Fördervorgang) oder doppelwirkend (jede der beiden Kolbenbewegungen einer Kurbelumdrehung fördert Flüssigkeit). Die durch die absatzweise Förderung bedingten Druckschwankungen werden durch Einschalten von Saug- und Druckwindkesseln oder durch mehrzylindrige Ausführung (Zwei- bis Siebenzylindermaschinen) mit versetzten Kurbelzapfen ausgeglichen. Kolbenpumpen werden in der Regel für kleine und mittlere Förderströme (bis $160 \text{ m}^3/\text{h}$) und hohe und höchste Förderdrücke (bis etwa 6000 bar) eingesetzt. Sie erreichen Saughöhen von maximal 9 m. Man verwendet Kolbenpumpen z. B. in Wasserversorgungsanlagen, Kesselspeiseanlagen oder als Schiffspumpen. Für öldruckantrieb Antriebe werden Radial- und Axialkolbenpumpen zur Ölförderung für Förderströme von $0,38$ bis $24 \text{ m}^3/\text{h}$ und Förderdrücke bis 350 bar eingesetzt. Bei Radialkolbenpumpen werden mehrere Zylinderbohrungen radial im Pumpenkörper angeordnet; der Kolbenhub wird durch ein exzentrisch sitzendes Außengehäuse oder ein Wälzlager bestimmt. Bei Axialkolbenpumpen sind die Zylinderbohrungen axial im rotierenden Pumpenkörper angeordnet; der Kolbenhub wird durch eine schräggehende Einstellscheibe begrenzt.

b) Bei der **Flügelpumpe** führt der plattenförmige Verdränger schwingende Bewegungen um die Achse des Arbeitszylinders aus (Drehwinkel etwa 90°). Die Förderflüssigkeit wird über Saugventile, die im Gehäuse angeordnet sind, angesaugt und über im Kolben angeordnete Druckventile in die Druckleitung verdrängt. Bei doppelwirkender

Ausführung mit 40 bis 60 Doppelhuben/min wird bis 2,5 l Flüssigkeit je Doppelhub gefördert. Man erreicht Nutzförderhöhen bis 20 m bei Saughöhen bis 7 m für Kaltwasserförderung. Flügelpumpen werden zum Um- und Abfüllen in der Industrie (Öl, Benzin), in Hauswasserversorgungsanlagen, in der Landwirtschaft und im Baugewerbe sowie als Lenz- und Füllpumpe auf Schiffen eingesetzt.



1 Kolbenpumpe als Saugpumpe, 2 Kolbenpumpe als Druckpumpe, 3 Membranpumpe, 4 Flügelpumpe

c) Bei der **Membranpumpe** wird der Arbeitsraum durch die Bewegung einer elastischen Membran aus Metall, Leder, Gummi oder Plast vergrößert und verkleinert, wobei über das Saugventil die Förderflüssigkeit (Förderstrom bis etwa 80 m³/h) bis zu 8 m angesaugt und über das Druckventil bis zu Förderhöhen von 50 m in die Druckleitung gefördert wird. Membranpumpen werden zur verlustfreien Förderung von aggressiven und stark verunreinigten sowie leicht gasenden Flüssigkeiten (Kraftstoffe) in der chemischen Industrie, der Gummi- und Nahrungsmittelindustrie eingesetzt.

2) **Umlaufkolbenpumpen.** a) Bei der **Zahnradpumpe** wird durch den Umlauf eines Zahnradpaares in einem Gehäuse die Förderflüssigkeit in den Zahnlücken beider Räder von der Saug- zur Druckleitung ohne zwischengeschaltete Ventile gefördert. Die Abdichtung zwischen Saug- und Druckleitung erfolgt durch den gegenseitigen Eingriff der Zahnäder sowie durch sehr kleine Kopf- und Stirnspiele der Räder im Gehäuse. Zahnradpumpen werden vorwiegend in Steuer-, Regel- und Servoanlagen verwendet, ferner zur Förderung von flüssigen Kraftstoffen und Schmierölen bis zu Drücken von 160 bar und Förderströmen von 0,1 bis 60 m³/h. Die Drehzahlen betragen 900 bis 3000 U/min. Zahnradpumpen können bis zu 5 m Saughöhe überwinden.

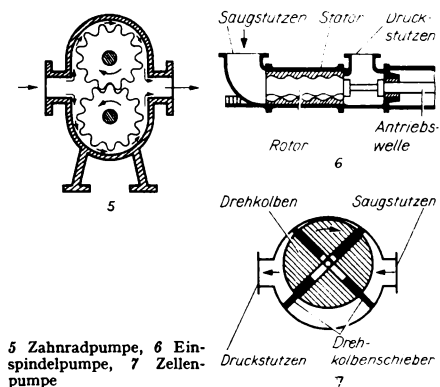
b) Die **Spindelpumpe (Schraubenpumpe)** arbeitet bei Drehzahlen von 300 bis 7000 U/min und fördert Ströme von 1 bis 400 m³/h bei Gegendrücken bis maximal 350 bar. Es werden Saughöhen bis zu 9 m erreicht. Spindelpumpen werden je nach Anzahl der Spindeln als Ein- oder Mehrspindelpumpe bezeichnet. Bei der **Einspindelpumpe** wird die Förderflüssigkeit durch eine ein-

gängige Stahlspindel (Rotor), die in einem elastischen zweigängigen, meist aus Gummi oder Kunststoff bestehenden Stator oder in einem glatten Stahlgehäuse (Rohrspindelpumpe) läuft, von der Saug- zur Druckseite hin ohne zwischengeschaltete Ventile gefördert. Rohrspindelpumpen werden ein- und zweiströmig ausgeführt. Bei der **Mehrspindelpumpe** mit 2, 3 oder 5 Spindeln wird die Förderung durch den gegenseitigen Eingriff der Spindeln bewirkt. In die Spindeln können Flach-, Trapezgewinde, Epizykloiden-, Hypozykloiden- oder Evolventenprofile eingearbeitet werden. Neben der Arbeitsübertragung müssen die Spindeln die Abdichtung im Gehäuse übernehmen. Einspindelpumpen dienen zur Förderung von Dickstoffen aller Art (Säfte, Maischen, Erztrüben), Mehrspindelpumpen werden besonders in Hydraulikanlagen sowie zur Förderung von Kraft- und Schmierstoffen eingesetzt.

c) Bei der **Kreiskolbenpumpe**, einer zweiweligen Umlaufkolbenpumpe, werden Drehkolben verschiedener Profilformen verwendet. Die Antriebswelle, die den Arbeitskolben trägt, treibt durch ein außenliegendes Stirnradgetriebe den auf der zweiten Welle befindlichen Steuerkolben an. Kreiskolbenpumpen werden besonders zur Förderung hochviskoser Flüssigkeiten ohne grobe Verunreinigungen bei Antriebsdrehzahlen von 100 bis 250 U/min für Förderhöhen bis 50 m eingesetzt.

d) Bei der **Zellenpumpe** bildet ein exzentrisch in einem zylindrischen Gehäuse angeordneter Drehkolben mit einem oder mehreren Schiebern, die in eingefrästen Nuten des Drehkolbens gleiten, in Zellen unterteilte Arbeitsräume. Durch Vergrößerung oder Verkleinerung der jeweiligen Arbeitszelle erfolgt das Ansaugen und Fördern der Flüssigkeit. Die einfachste Zellenpumpe ist die **Einzellenpumpe (Exzenterpumpe)**, bei der nur ein Schieber im Gehäuse angeordnet ist.

e) Bei der **Rollkolbenpumpe** bildet ein exzentrisch zum Gehäuse gelagerter Verdränger mit elastischem Mantel durch Abwälzen im Zylinder jeweils einen sichelförmigen Arbeitsraum, der durch die Bewegung des Verdrängers von der Saug- zur Druckseite hin verkleinert wird. Diese P. ist besonders zur Förderung relativ kleiner Förderströme (0,3 bis 100 m³/h) auf Förderhöhen von 2 bis 150 m geeignet.



5 Zahnradpumpe, 6 Einspindelpumpe, 7 Zellenpumpe

3) **Kreiselpumpen.** a) Die wichtigste Kreiselpumpe ist die **Kreiselpumpe (Turbopumpe, Zentrifugalpumpe)**, bei der man nach der Hauptströmungsrichtung der Förderflüssigkeit im Laufrad unterscheidet zwischen radialer, diagonalen und axialer Bauart. Kreiselpumpen radialer Bauart (**Radialpumpen**) können nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt werden, z. B. nach der Stufenzahl in ein- und mehrstufige P.n

(2 bis 12, maximal 25 Stufen), nach der Laufradform in einströmige P.n (Laufradzahlen 0,07 bis 0,30) und doppelströmige P.n (Laufradzahlen 0,13 bis 0,67). Ferner unterteilt man nach der Austrittsleitvorrichtung in Spiralgehäuserpumpen, Austrittsleitringpumpen und Austrittsleitradpumpen, nach der Saugfähigkeit in nicht selbstansaugende und selbstansaugende P.n. Im rotierenden Laufrad wird an die Förderflüssigkeit durch Strömungsvorgänge Arbeit übertragen. Da P.n hauptsächlich zur Drucksteigerung dienen, wird ein Teil der Geschwindigkeitsenergie der Flüssigkeit in nachgeschalteten Bauelementen (Diffusor, Leitrad oder Spiralgehäuse) in Druckenergie umgewandelt (einstufige Kreiselpumpen). Für große Förderdrücke werden mehrere Laufräder hintereinandergeschaltet (mehrstufige Kreiselpumpen), wobei die Förderflüssigkeit über Leit- und Rückführschaufeln der nächsten Stufe zugeleitet wird. Die normale Kreiselpumpe kann nicht selbst ansaugen, es müssen deshalb vor jeder Inbetriebnahme die Saugleitung und die P. mit der Förderflüssigkeit aufgefüllt werden. Durch besondere Konstruktion der P. oder durch vorgeschaltete Wasserring- oder Wasserstrahlpumpen können jedoch Kreiselpumpen zum Selbstansaugen eingerichtet werden. Radiale Kreiselpumpen werden vielseitig eingesetzt, z. B. für reine, verschmutzte, heiße, tiefkalte und aggressive Flüssigkeiten in der Wasserwirtschaft, in Kraftwerken, in der chemischen Industrie, im Bergbau und in Haushaltungen. Es werden Förderströme von 6 bis 20000 m³/h, Förderhöhen von 1 bis 2000 m bei Antriebsdrehzahlen von 960 bis 3000 U/min (maximal 30000 U/min) und maximalen Antriebsleistungen bis 75 MW (Megawatt) erreicht.

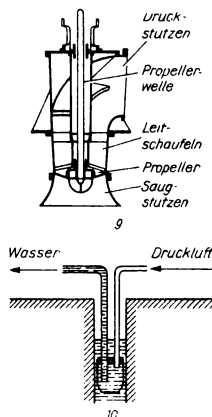
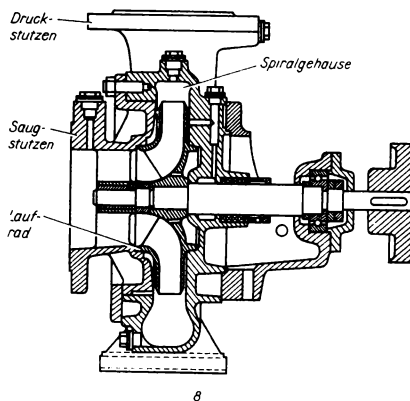
Um bei der Förderung von Dickstoffen Verstopfungen und großen Verschleiß in der P. zu vermeiden, wird das radiale Laufrad mitunter im Gehäuse zurückgesetzt (**Wirbelstrompumpe**) und dadurch ein großer freier Durchströmquerschnitt geschaffen.

Bei den Kreiselpumpen diagonalen Bauart (**Diagonalspumpen**) ist die Zuströmrichtung der Flüssigkeit zum Laufrad axial. Im Laufrad wird die Flüssigkeit je nach Förderhöhe der P. verschieden stark zur radialen Richtung hin umgelenkt. Diagonalspumpen werden z. B. eingesetzt in Wärmekraftwerken als Kühlwasserpumpen, in Heizungsanlagen als Umwälzpumpen, in Kläranlagen für reines und verschmutztes Wasser oder als Schöpfwerkspumpen für Förderströme von 25 bis 10000 m³/h, Förderhöhen von 5 bis 40 m und Antriebsdrehzahlen von 300 bis 3000 U/min bei Laufradzahlen von 0,20 bis 0,80. Die radialen Abmessungen der Diagonalspumpen sind für gleiche Förderdaten kleiner als die der Radialpumpen.

Bei den Kreiselpumpen der axialen Bauart (**Axialpumpen**, **Propellerpumpen**) strömt die Förderflüssigkeit dem Laufrad axial zu und auch wieder axial ab. Die Arbeitsübertragung an die Förderflüssigkeit erfolgt im axial durchströmten Laufrad. Im Gegensatz zur Radial- und Diagonalspumpe erfolgt keine Änderung der Hauptströmungsrichtung der Förderflüssigkeit in der P. Axialpumpen werden z. B. eingesetzt in Schöpfwerken, in Wasserversorgungsanlagen, als Kühlwasserpumpen in Kraftwerken, zur Be- und Entwässerung landwirtschaftlich genutzter Großflächen, sie sind zur Förderung großer Flüssigkeitsströme (bis 40000 m³/h) bei relativ kleinen Förderhöhen von 1,5 bis 10 m, Antriebsdrehzahlen von 160 bis 3000 U/min und Laufradzahlen von 0,76 bis 3,2 geeignet. Axialpumpen werden mit Nachleitrad oder mit Vor- und Nachleitrad ausgeführt. Sie können in horizontaler, vertikaler oder schräger Lage als Tauchpumpen ausgeführt werden.

b) Weitere Kreiselpumpen sind die **Seitenkanalumpen** (Sternradpumpen und Peripheralpumpen).

4) **Sonderbauarten.** a) Bei der **Strahlpumpe** (Treibmittelpumpe), bei der P. und Antriebsrichtung in einem Aggregat vereinigt sind, saugt ein durch eine Düse mit großer Geschwindigkeit strömender Treibmittelstrahl – Wasser (**Wasserstrahlpumpe**) oder Gas (**Gasstrahlpumpe**), z. B. Dampf (**Dampfstrahlpumpe**) – die Förderflüssigkeit durch Injektorwirkung an und mischt sich mit ihr im Mischraum, bis der gemeinsame Strahl über den Diffusor in die Druckleitung strömt. Im Diffusor wird die Geschwindigkeitsenergie des Flüssigkeitsgemisches in den zur Förderung nötigen Druck umgesetzt. Strahlpumpen werden in der chemischen Verfahrenstechnik (→ Vakuumpumpe) sowie zur Speisung von Kleindampfkesseln (Lokomotiven) für Nutzförderströme von 0,5 bis 25 m³/h und Förderhöhen von 25 m eingesetzt, ferner als Tiefsauger zum Ansaugen aus 7 bis 25 m Tiefe.



8 Kreiselpumpe radialer Bauart (einstufig), 9 Kreiselpumpe axialer Bauart, 10 Mammutpumpe

b) Über den hydraulischen Widder → Stoßheber.

c) Bei dem **Druckluftwasserheber** (Mammutpumpe) wird in ein Rohr, das in die Förderflüssigkeit taucht, Druckluft eingeführt. Dadurch bildet sich ein Flüssigkeit-Luft-Gemisch, dessen Dichte kleiner ist als die der reinen Flüssigkeit. Infolgedessen wird das Flüssigkeit-Luft-Gemisch durch den atmosphärischen Druck und die umgebende Flüssigkeitssäule in einem zweiten Rohr nach oben gefördert. Mammutpumpen werden zur Entwässerung von Schächten, zur Förderung stark verschmutzter Flüssigkeiten aus Gruben u. a. für Förderströme bis 7500 m³/h und Drücke von 2 bis 6 bar bei Wirkungsgraden bis zu 40 % eingesetzt.

d) Das **Pulsometer** arbeitet mit gasförmigem Verdränger (Wasserdampf), der unmittelbar auf die Förderflüssigkeit wirkt und dessen Absolutdruck 1,5 bis 3 bar größer sein muß als der Absolutdruck der Förderflüssigkeit im Druckstutzen. Das Pulsometer besteht aus zwei symmetrischen Arbeitsräumen mit je einem selbsttätigen Saug- und Druckventil, einem Steuerorgan (Kugelventil) für den Dampfeintritt, je einem Schnülfelventil zum Luftansaugen, je einer Bohrung zur Wassereinspritzung aus dem Druckraum in den Arbeitsraum und einem Fußventil. Vor der ersten Inbetriebnahme müssen beide Arbeitsräume mit Wasser gefüllt werden. Bei Eintritt des Dampfes in den Arbeitsraum wird das Druckventil geöffnet und die Flüssigkeit in den Druckstutzen gefördert. Nachdem der Flüssigkeitsspiegel die Oberkante des Druckventils er-

reicht hat, strömt Dampf in den Druckstutzen, und es beginnt eine starke Kondensation, die durch die Wassereinspritzung verstärkt wird. Durch die Kondensation sinkt der Druck im Arbeitsraum stark ab, das Druckventil schließt, und die Dampfzufuhr wird in die zweite Kammer umgesteuert, in der der Fördervorgang in der gleichen Weise erfolgt. In der ersten Kammer öffnet sich das Saugventil, und die Flüssigkeit wird angesaugt. Das Pulsometer erreicht Förderströme bis 400 m³/h, Förderhöhen von 10 bis 50 m und Saughöhen von 2 bis 5 m (maximal 8 m). Wegen des hohen Dampfverbrauches und des niedrigen Wirkungsgrades (0,40 bis 0,50) wird das Pulsometer nur dort eingesetzt, wo der Dampf billig anfällt (Wäschereien, Brauereien).

e) Bei der **elektromagnetischen P.** wird die Arbeit durch ein Magnetfeld und einen Strom hoher Stromstärke und kleiner Spannung an die Förderflüssigkeit übertragen. Diese P. eignet sich daher zur Förderung flüssiger Metalle und wird z. B. zur Kühlung von Kernreaktoren mit flüssigen Metallen (Kalium, Natrium) verwendet.

Flüssigkeitspumpen bestehen vorwiegend aus Stahl oder Grauguß; zur Förderung aggressiver Flüssigkeiten können sie auch aus Rotguß, Steinzeug, Porzellan, Plast u. a. hergestellt werden. Der Antrieb erfolgt meist mittels Elektromotor, seltener mittels Dampfturbine, Gasturbine, Verbrennungsmotor (Dieselmotor, Ottomotor) oder Dampfmaschine (**Dampfpumpe**), im einfachsten Fall von Hand.

2) eine Arbeitsmaschine zum Fördern von Gasen, → Verdichter.

3) eine Arbeitsmaschine zum Absaugen von Gasen, → Vakuumpumpe.

Lit. Fuchslocher u. Schulz: Die P.n (Berlin 1963); Gebhardt: Arbeitsweise und Berechnung von Kolbenpumpen und Kolbenverdichtern (Leipzig 1958); Pfeleiderer: Die Kreiselpumpen für Flüssigkeiten und Gase (5. Aufl. Berlin 1961); Stepanoff: Radial- und Axialpumpen (Berlin 1959); Weber: Arbeitsmaschinen (Bd 1 3. Aufl. Berlin 1967, Bd 2 3. Aufl. Berlin 1966); Technisches Handb. P.n (2. Aufl. Berlin 1964).

Pumpspeicherwerk, eine Sonderform des → Wasserkraftwerkes. Das P. dient als Augenblicksreserve zur Abdeckung der jahreszeitlich oder durch den Arbeitsrhythmus bedingten täglichen Schwankungen des Bedarfes an Elektroenergie. In Zeiten geringer Energieabnahme wird die dem P. zugeführte Überschussenergie dazu benutzt, um mit elektrisch angetriebenen Pumpensätzen Wasser aus einem unteren Speicherbecken durch Druckrohrleitungen in ein oberes Speicherbecken zu pumpen. Damit wird die überschüssige elektrische Energie in potentielle Energie umgewandelt. Die auf diese Weise gespeicherte Energie wird in den Energiebedarfsspitzenzeiten wieder an das Verbundnetz abgegeben, indem aus dem oberen Becken das Wasser durch die gleichen Druckrohrleitungen, durch die es hoch-

gepumpt wurde, wieder dem Krafthaus zufließt und über Turbine und Generator den Spitzenstrom erzeugt. Der gleiche Generator arbeitet beim Pumpbetrieb als Motor. Beide Speicherbecken können als künstliches Becken oder als Talsperrenbecken ausgebildet sein. Trotz der durch den Energiewandlungsprozeß bedingten Energieverluste (etwa 32 % bis 30 % in den modernsten Anlagen) ergibt sich die Wirtschaftlichkeit der P.e daraus, daß der Spitzenstrom um das 4- bis 8fache teurer ist als der billige Überschussstrom. Neben dem großen Vorteil als Augenblicksreserve (es kann in etwa 2 Minuten sein volles Leistungsvermögen erreichen) ist das P. das einzige Mittel, den Betrieb großer Wärmekraftzentralen wirtschaftlich zu gestalten, indem diese mit annähernd konstanter Leistung bei höchstem Wirkungsgrad gefahren werden können. Grundsätzlich unterscheidet man P.e, die im Zusammenhang mit einer Naturwasserkraft und in Abhängigkeit von dieser arbeiten, und solche, die sowohl örtlich als auch betrieblich völlig unabhängig von einer Naturwasserkraft sind und nur mit einem in sich geschlossenen Wasserkreislauf arbeiten. Im ersten Fall spricht man von **Eigenspeicherung**, die durch die Pumpspeicherung lediglich noch ergänzt werden kann. Im zweiten Fall spricht man von **Fremdspeicherung**, d. h. von einer Speicherung ohne natürlichen Zufluß, die zugleich die höchste Form des Pumpspeicherprinzips darstellt.

Wichtige Pumpspeicherwerke der DDR

Name	Turbinenleistung (MW)	Pumpenleistung (MW)	Fallhöhe	Inbetriebnahme
Bleiloch	40	40	-	1932
Hohenwarte I	39	39	-	1958
Hohenwarte II	320	320	300	1964
Niederwartha	129	118	134 ... 150	1929
Wendefurth	80	80	124	1968

P.e können als Tages-, Wochen- und Jahrespeicher ausgebildet werden. Unter **Tagespeicher** versteht man die Auslegung des P.es auf den Ausgleich innerhalb eines Tages. Beim **Wochenpeicher** wird der erforderliche Speicherraum vergrößert, um die an Sonn- und Feiertagen nicht absetzbare Energie über die gesamte Woche, also auch an den stärker belasteten Werktagen einer Woche, abgeben zu können. Der **Jahresspeicher** vermag unter Umständen sogar die extremen Spitzenzeiten, die im Laufe mehrerer Jahre auftreten können, abzudecken. Reine P.e, also solche ohne natürlichen Zufluß, werden höchstens auf eine Wochenspeicherung ausgebaut.

P.e sollen möglichst nahe dem Verbrauchszentrum (Industriegebiete, große Städte) liegen, um Fernleitungen nicht kurzfristig und unwirtschaftlich zu beanspruchen.

Lit. Gerstenberger: Die Pumpspeicherung (Berlin 1962).

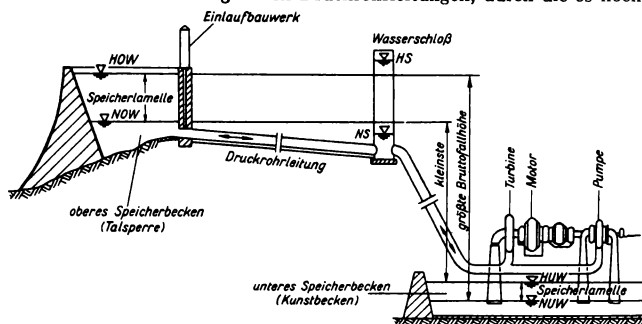
Punkt, 1) ein Grundelement der Geometrie; ein geometrisches Gebilde mit einer bestimmten Lage, aber ohne Ausdehnung (von der Dimension Null). Als P.e bezeichnet man auch die Elemente einer Menge, die den Axiomen eines gewissen → Raumes genügen.

2) → typographischer Punkt.

Punktalgäner, → Sehhilfe.

Punkthaus, → Hochhaus.

Punktmenge, im ursprünglichen Sinn eine Menge, deren Elemente reelle Zahlen (Punkte der Zahlengeraden) sind; im erweiterten Sinn jede Menge, deren Elemente Punkte eines beliebigen mathematischen Raumes sind. Eine P. des n -dimensionalen euklidischen Raumes heißt



Prinzip eines Pumpspeicherwerkes mit Wasserschloß. HOW höchstes Oberwasser, HWW höchstes Unterwasser, NOW niedrigstes Oberwasser, NUW niedrigstes Unterwasser, HS höchster Schwall, NS niedrigster Sunk

offen, wenn man zu jedem Punkt der Menge eine n -dimensionale Kugel mit dem Mittelpunkt in jedem Punkte anheben kann, die vollständig zur Menge gehört (z. B. das Innere eines Würfels im dreidimensionalen Raum oder ein offenes Intervall auf der Zahlengeraden). Sie heißt darüber hinaus **zusammenhängend**, wenn man zwei beliebige ihrer Punkte durch einen Streckenzug verbinden kann, dessen Punkte sämtlich zur Menge gehören. So ist z. B. die Menge der Punkte der Ebene, die im Innern zweier sich berührender Kreise liegen, eine offene P., aber nicht zusammenhängend. Eine offene, zusammenhängende P. nennt man ein **Gebiet**. Außer den offenen P.n spielen die **abgeschlossenen P.n** eine große Rolle. Das sind Mengen, die alle ihre \rightarrow Häufungspunkte enthalten, z. B. ein abgeschlossenes Intervall auf der Zahlengeraden oder ein Kreis in der Ebene einschließlich der Punkte auf der Peripherie oder auch die Punkte der Peripherie allein.

Punktschreiber, ein \rightarrow Registriergerät.

Punze, \rightarrow Treiben.

Pupille, an optischen Instrumenten die Blende oder das Bildenbild, das vom Achsenpunkt des Dinges (**Eintrittspupille**, abg. EP) oder vom Achsenpunkt der Bildseite aus gesehen (**Austrittspupille**, abg. AP) unter dem kleinsten Winkel erscheint. Die Fläche der EP ist unter anderem ein Maß für die Lichtmenge, die vom Achsenpunkt des Dinges kommend in das Instrument eintritt. Die AP wird bei Instrumenten zum visuellen Gebrauch, z. B. Fernrohr, Mikroskop, nach Möglichkeit so gelegt, daß die P. des Beobachtersauges an die gleiche Stelle gebracht werden kann. Andernfalls kann das Sehfeld durch die P. des Auges eingeschränkt werden.

Pupinspule, nach dem jugoslawischen Physiker Pupin benannte Spule zur Verringerung und Linearisierung der Leitungsdämpfung. Mit diesen bespulten Leitungen ist eine größere Entfernung zu überbrücken. Zwei völlig gleichartige Drahtspulen sind auf einem ringförmigen Kern aus Spezialleisen, neuerdings Ferriten, aufgebracht.

Die Spulen werden in gleichen Abständen (im NF-Bereich 1,7 km) in die Leitung eingeschaltet. Dadurch werden die Leitungseigenschaften grundsätzlich verändert, vor allem in der Richtung, daß nur ein bestimmtes Frequenzband mit kleinerer, aber linearisierter Dämpfung wirksam übertragen wird. Bei dem heute üblichen Frequenzband von 300 bis 3400 Hz werden Spulen mit einer Induktivität von 80 Millihenry für einen Stamm und mit 40 Millihenry für einen Vierer benutzt.

Purin, eine heterozyklische Verbindung, in der Pyrimidin und Imidazol kondensiert sind. P. kristallisiert in farblosen Nadeln (F. 217 °C). P. wurde erstmals 1884 von E. Fischer aus Harnsäure dargestellt. Von großer Bedeutung sind die Purinderivate, die als Stoffwechselprodukt (Harnsäure), Bausteine der Nukleinsäuren (Guanin und Adenin) und Alkaloide (z. B. Koffein, Theobromin) weit verbreitet sind.

Purpur, antiker P., ein im Altertum hochgeschätzter mattvioletter Tierfarbstoff aus dem Saft der Purpurschnecke *Murex brandaris*. P. ist chemisch 6,6'-Dibromindigo.

Putreszin, \rightarrow ein Diamin.

Putz, eine aus Sand, Wasser und einem Bindemittel (\rightarrow Mörtel) ein- oder mehrschichtig hergestellte Schutzschicht auf Decken und Wänden, die gleichzeitig abdichtet und schmückt und als Untergrund für aufzubringenden Anstrich und Tapete dient.

1) Der **Innenputz** im Innern des Gebäudes wird einlagig glatt ausgießen, mitunter mit einem Überzug aus Weißkalk und feinstem Sand, der Tünche, versehen.

Wandputz wird aus Weißkalk- oder Bunalkalkmörtel, mit Sand im Verhältnis 1:3 ge-

mischt, hergestellt. **Deckenputz** wird, z. T. mit Gipszusatz, je nach Deckenkonstruktion auf einem besonderen **Putzträger** (Rohr-, Holzstab-, Rabitz-, Ziegeldraht-, Betondrahtgewebe, Streckmetall, Leichtbauplatten) aufgetragen. Glatte Flächen von Betondecken werden zur besseren Haftung des P.es mit Zementmörtel vorgeworfen.

2) **Außenputz** an den Außenseiten der Gebäude muß witterungsbeständig sein und das darunterliegende Mauerwerk schützen. Er wird meist zweilagig ausgeführt und soll möglichst erst aufgebracht werden, nachdem der Innenputz fertig abgeputzt hat. **Edelputz** ist ein fabrikmäßig hergestellter Trockenmörtel in verschiedenen Farbtönen und Korngrößen; er wird auf einen Unterputz aufgetragen.

Um bestimmte Oberflächenwirkungen zu erzielen, wendet man verschiedene Putztechniken an. **Schlamm- oder Pinselputz**, Kalkmilch mit Firnis- oder Dichtungsmittelzusatz wird mit Bürste oder Pinsel dünn auf die Außenwand aufgetragen; **Besenspritzputz**, dünner Kalkzementmörtel oder Edelputz wird mit dem Besen auf den Untergrund aufgespritzt, ergibt raue Oberfläche; **Kellenspritzputz**, dünner Mörtel wird mit der Kelle auf den Unterputz mehrschichtig frisch auf frisch aufgeworfen, ergibt raue Oberfläche; **Patschputz**, ein nasses Reibebrett wird auf den verriebenen, aber noch frischen Putz aufgedrückt und senkrecht abgezogen; **Kamm- oder Kratzputz**, die verriebene Putzoberfläche wird mit einem groben Kamm aufgeraut, ergibt regelmäßige Riffelung der Oberfläche; **Waschputz**, verlängerter Zementmörtel mit körnigen Zuschlagstoffen wird mit der Kelle aufgetragen, verrieben und mit Wasser die Oberfläche der groben Zuschlagstoffe freigelegt; **Sgraffitoputz**, mehrere verschiedenfarbige Putzmörtel werden in schwachen Schichten übereinander auf den Unterputz aufgebracht, von denen dann jeweils so viel weggekratzt wird, daß die für das Bild oder Ornament erforderliche Farbe an der betreffenden Stelle erscheint.

Das Putzen von Hand ist technisch überholt und wird nur noch selten angewendet. Das maschinelle Putzen (TGL 118-0312) geschieht mit dem **Putzwerfer**, wobei der Mörtel entweder pneumatisch oder mit Pumpen bzw. Schleuderrädern gefördert und mit einer Spritzdüse verteilt aufgebracht wird. Mit Stielkartätschen aus Leichtmetall wird der P. dann abgezogen und die Putzoberfläche verrieben. Beim Putzen von Innenräumen ist bis zu einer Raumhöhe von 3,50 m kein Putzgerüst erforderlich (gerüstloses Putzen).

Putzmühlen, \rightarrow Windfège.

Puzzolane, natürliche hydraulische \rightarrow Zusatzstoffe.

PVA, Abk. für \rightarrow Polyvinylalkohol.

PVC, Abk. für \rightarrow Polyvinylchlorid.

pW, Kurzz. für Picowatt, \rightarrow Watt.

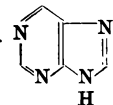
P-Wellen, \rightarrow Erdbeben.

Pyknit, \rightarrow Topas.

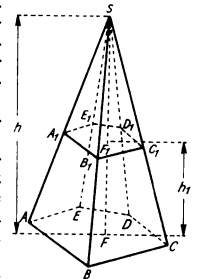
Pyknometer, birnenförmiges, durch Kapillarsstopfen verschließbares Wäagefäßchen zur Dichtebestimmung von Flüssigkeiten. Der Rauminhalt des P.s ist durch Auswägen mit einer Flüssigkeit (z. B. Wasser) bekannter Dichte genau definiert.

Pylon, Kabelturm bei Hängebrücken oder seilverspannten Balkenbrücken, \rightarrow Brücke.

Pyramide, ein Polyeder (Vielflächner), von dessen Begrenzungsflächen eine ein Vieleck ist (**Grundfläche** der P.), während die übrigen, die **Seitenflächen**, Dreiecke mit einem gemeinsamen Eckpunkt, der **Spitze** der P., sind. Man kann sich eine Pyramide auch dadurch entstanden denken, daß man die Eckpunkte eines ebenen Vielecks mit einem Punkt S außerhalb der Ebene des Vielecks verbindet. Je nach der Anzahl der Sei-



Purin



Fünfseitige gerade Pyramide

tenflächen unterscheidet man drei-, vier-, fünf-, n -seitige P.n. Die Seitenflächen bilden zusammen den *Mantel* der P., die Länge des Lotes von der Spitze S auf die Grundfläche bezeichnet man als die Höhe der P. Ist die Grundfläche ein regelmäßiges Vieleck und fällt dessen Mittelpunkt mit dem Fußpunkt F des Lotes von S auf die Grundfläche zusammen, so spricht man von einer *geraden P.* Der Rauminhalt V einer P. ist

$$V = \frac{1}{3} \cdot G \cdot h \quad (G = \text{Inhalt der Grundfläche, } h = \text{Höhe}).$$

Schneidet man die P. mit einer zu ihrer Grundfläche parallelen Ebene, so erhält man eine P. mit der Spitze S und einer zur ursprünglichen ähnlichen Grundfläche und einen **Pyramidenstumpf**: ein Polyeder, dessen Grundflächen ähnliche und ähnlich gelegene Vielecke und dessen Seitenflächen Trapeze sind. Ist G bzw. G_1 der Inhalt der Grundflächen und h_1 ihr Abstand, so ist der Rauminhalt des Pyramidenstumpfes $V = \frac{h_1}{3} (G + \sqrt{GG_1} + G_1)$.

Pyramidensonde, → Kugelsonde.

Pyranosen, Bezeichnung für alle Monosaccharide, die wie die Pyrane ein sechsgliedriges Ringsystem enthalten.

Pyrrargyrit, ein → Rotgültigerz.

Pyrazol, eine heterozyklische organische Base. P. bildet farblose, pyridinähnlich riechende Kristalle (F. 70 °C). Es ist Grundkörper einer Reihe antirheumatisch und fiebersenkend wirkender Heilmittel. Derivate des P.s dienen als Kuppelungskomponente für die Herstellung von Azofarbstoffen.

Pyridin, eine heterozyklische organische Base. P. ist eine farblose, scharf riechende Flüssigkeit (Kp. 116 °C). Durch katalytische Hydrierung von P. erhält man Piperidin. P. ist z. B. im Knochen- und Steinkohlenteer enthalten. Aus letzterem wird es technisch gewonnen. P. dient als Lösungsmittel, als Kondensationsmittel bei der Herstellung von Phenolharzen, als Schädlingsbekämpfungsmittel, Vergällungsmittel für Äthanol u. a.

Pyridoxin, Vitamin B₆, → Vitamine.

Pyrimidin, 1,3-Diazin, C₄H₄N₂, eine heterozyklische Verbindung. P. bildet narkotisch riechende Kristalle (F. 20 bis 22 °C). Es kommt in vielen Naturstoffen vor, z. B. in Spaltprodukten der Nukleinsäuren, in den Purinen und den Vitaminen B₁ und B₉. Synthetisch gewinnt man es aus Barbitursäure und Phosphoroxidchlorid. Man verwendet P. zur Herstellung von Pharmazeutika, z. B. von Sulfonamiden.

Pyrit, Schwefelkies, **Eisenkies**, ein Mineral, das wichtigste Schwefelerz, FeS₂ (theoretisch 46,6 % Eisen und 53,4 % Schwefel); kubisch (rhombisch **Markasit**), häufig gute Kristalle, meist als Würfel, Pentagondodekaeder und verzwilligt, sonst derb in großen kompakten Massen, als kugelförmige Konkretionen (oft radialstrahlig), als traubige oder nierenartige Aggregate und in Fossilien; messinggelb mit Anlauffarben, Härte nach Mohs 6 bis 6,5, D. 4,9 bis 5,2 g cm⁻³. P. findet sich sehr häufig (Durchläufer) in magmatischen, metamorphen und Sedimentgesteinen. Er dient zur Gewinnung von Schwefelsäure, die braunroten Abströhrückstände (Kiesabbrände) werden zu Polierpulver, Farben u. dgl. weiterverarbeitet oder auch als Eisenerz verwendet. Arsen, Kadmium, Selen, Tellur, Thallium, Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Nickel, Gold und Silber kommen öfter als Begleitelemente isomorph oder mechanisch beigemengt vor.

pyro... [griechisch pyr 'Feuer'], eine Vorsilbe, die im allgemeinen auf eine höhere Temperatur hinweist, z. B. Pyrolyse, Pyrometer, pyrophor. Bei Verbindungen bedeutet die Vorsilbe meist, daß der betreffende Stoff durch Erhitzen

chemisch verwandter Verbindungen – im allgemeinen unter Wasserabspaltung – gewonnen ist, z. B. Pyrophosphate, Pyrosulfate, Pyrogallol. Die anorganischen Pyrosäuren und -salze sind besser als Disäuren und -salze zu bezeichnen, z. B. Dischwefelsäure statt Pyroschwefelsäure.

Pyroceram, Wz., → Vitrokeram.

Pyroelektrizität, die an Kristallen beim Erwärmen (oder auch starken Abkühlen, z. B. Eintauchen in flüssige Luft) auf gegenüberliegenden Kristallflächen auftretende elektrische Ladung. Diese Erscheinung ist mit der → Piezoelektrizität eng verwandt. Kristalle, die diesen Effekt zeigen (z. B. Quarz, Turmalin), bauen sich aus elektrischen Dipolen auf und müßten eigentlich grundsätzlich eine Oberflächenladung zeigen (→ Elektret). Diese wird jedoch im Laufe der Zeit durch aus der Umgebung aufgefangene Ladungsträger kompensiert. Nur wenn sich durch einen spontanen Temperaturwechsel das Dipolmoment ändert, bildet sich wieder eine nachweisbare Oberflächenladung.

Pyrogallol, 1,2,3-Trihydroxybenzol, C₆H₃(OH)₃, ein dreiwertiges Phenol. P. kristallisiert in farblosen, bitter schmeckenden Kristallen (F. 133 °C). Es ist ein starkes Reduktionsmittel und wird als photographischer Entwickler, als Sauerstoffabsorbens in der Gasanalyse, als Mittel gegen Hautkrankheiten und zur Synthese von Farbstoffen verwendet.

Pyrolusit, → Braunstein.

Pyrolyse, in der Chemie die Bezeichnung für eine thermische Zersetzung von Stoffen, z. B. Kracken.

Pyrometallurgie, **Trockenmetallurgie**, **Schmelzflußmetallurgie**, zusammenfassende Bezeichnung für alle metallurgischen Verfahren zur Gewinnung von Metallen aus Erzen (durch Verhüttung), Schrott (durch Umschmelzen) u. a. durch Wärmezufuhr über Koks, Kohlenstaub, Gas, Öl oder Elektroenergie. Die heute üblichen produktions-technischen Verfahren der Gewinnung von Roheisen und Stahl sind ausschließlich Verfahren der P. (→ Roheisenerzeugung, → Stahlerzeugung). Nichtisenmetalle werden z. T. auch auf naßmetallurgischem Wege (→ Hydrometallurgie) gewonnen, falls nicht aus wirtschaftlichen Gründen eine Kombination beider Verfahren günstig erscheint.

Pyrometer, ein Gerät zur Messung hoher Temperaturen. P. im engeren Sinne sind die Strahlungspyrometer; zu den P.n im weiteren Sinne gehören noch die → Thermoelemente und Widerstandsthermometer (→ Thermometer).

Bei den Strahlungspyrometern unterscheidet man Gesamtstrahlungs-, Teilstrahlungs- und Farbpyrometer. Grundlage für alle drei Arten sind die → Strahlungsgesetze. Das **Gesamtstrahlungspyrometer** mißt die von einem Strahler emittierte Strahlung des gesamten Spektralbereiches. Die Gesamtstrahlung wird über Linsen oder Hohlspiegel auf einen Strahlungsempfänger konzentriert. Als Strahlungsempfänger verwendet man meist Thermoelemente. Unter dem Einfluß der konzentrierten Strahlung erwärmt sich das Thermoelement und liefert eine Thermospannung, die galvanometrisch gemessen, zur Temperaturanzeige dient. Diese P. werden üblicherweise zum Messen von Temperaturen von 800 bis 2000 °C eingesetzt und dienen vorwiegend zur Temperaturüberwachung an Industrieöfen. Das **Teilstrahlungspyrometer** verwendet zum Messen der Strahlung einen möglichst eng begrenzten, diskreten Spektralbereich. Gebräuchlich sind vor allem die **Glühfadenpyrometer**, bei denen man den elektrisch beheizten Faden einer geeichten Spezialglühlampe (Pyrometerlampe) auf die gleiche Helligkeit (genauer: gleiche Leuchtdichte) wie die des Strahlers einreguliert. Der hierfür erforderliche Pyrometerlampenstrom wird



Pyrazol



Pyridin

mit einem Galvanometer gemessen und ist ein Maß für die Temperatur des Strahlers. Teilstrahlungs-pyrometer werden in einem Meßbereich von 700 bis 1500 °C verwendet. Zur Messung höherer Temperaturen werden vor das Teilstrahlungs-pyrometer Graugläser geschaltet, die das einfallende Licht in einem bestimmten Betrag schwächen. Beim **Farbpyrometer** werden aus der zu untersuchenden Strahlung zwei Komplementär-Spektralbereiche (z. B. Grün und Rot) ausgefiltert und gemischt. Die Mischfarbe wird mit der entsprechenden Farbe einer konstant gehaltenen Lampe bekannter Farbtemperatur verglichen. Das Verhältnis der beiden Komplementärfarben in der zu messenden Strahlung wird durch Verstellen eines keilförmigen Zweifarbenfilters auf Farbgleichheit mit der Lampe bekannter Farbtemperatur eingestellt. Die Stellung des Farbbeckels gegenüber einer Skala ist ein Maß für die Farbtemperatur.

Pyrometerkegel, abg. PK, ein wie der → Segerkegel geformter Brennkessel, bei dem die Fallpunkte auf volle Zehnerwerte begründet sind. Durch Weglassen der letzten Null des Fallpunkts ergibt sich die Bezeichnung des betreffenden P.s. PK 135 ist z. B. die Bezeichnung für einen P. mit dem Fallpunkt 1350 °C.

Pyrone, heterozyklische Verbindungen, deren Grundsubstanzen α - und γ -Pyrone sind. Ein wichtiger Naturstoff der α -Pyrone-Reihe ist z. B. Kumin, von den γ -Pyrone leiten sich z. B. Xanthon und die Chromane als Grundkörper zahlreicher Pflanzenfarbstoffe ab.

Pyrop, → Granate.

Pyrotechnik, Feuerwerkerei, die Theorie, die Herstellung und das Abbrechen von Feuerwerkskörpern. Man unterscheidet die **zivile P.** oder **Kunstfeuerwerkerei** und die **militärische P.**; letztere umfaßt Munition, Nahkampf- und Sprengmittel, Leucht-, Signal-, Brand- und Nebelkörper u. a. Pyrotechnische Erzeugnisse werden wie folgt eingeteilt: Gruppe 1: Feuerwerkskörper für Höhen- und Bodenfeuerwerke, z. B. Raketen, aus Abschußvorrichtungen abgeschossene Bomben, Wasserfälle, Lichterfronten, bewegliche Teile, wie Sonnen, steigende Kronen; Gruppe 2: Feuerwerkskörper, die im Freien ohne Abschußvorrichtung verwendet werden, z. B. Fontänen, kleine Raketen, drehende Räder; Gruppe 3: Kleinfeuerwerk und pyrotechnische Scherzartikel, bengalisches Feuer, bengalische Kerzen oder Fackeln, kleine Knallkörper, Tischfeuerwerk; Gruppe 4: Leucht-, Signal- und Warnmittel für Eisenbahn-, Wasser- und Luftverkehr; Gruppe 5: Brand-, Nebel- und Rauchkörper, die pyrotechnische Sätze (chemische Gemenge) enthalten.

Sicherheitsbestimmungen über den Verkehr mit pyrotechnischen Erzeugnissen sind im GBl 1956/80 (Pyrotechnikverordnung) und in der Arbeits- und Brandschutzanordnung (ASBO) 202 festgelegt.

Pyroxene, svw. → Augite.

Pyroxenit, ein → Peridotit.

Pyrrhotin, Magnetkies, ein Mineral, FeS, aber meist Fe₁₁S₁₂, nur der kosmische Troilit der Meteoriten ist FeS; hexagonal, bronzegelb, meist braun angelaufen, Härte nach Mohs 4, D. 4,6 g cm⁻³, findet sich oft in basischen Eruptivgesteinen; bauwürdig sind endogene Lagerstätten. Meist enthält P. 2 bis 7 % Nickel und ist dann ein wichtiges Nickelierz.

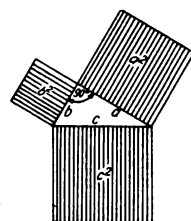
Pyrrol, Imidol, eine heterozyklische Verbindung. P. ist eine farblose, chloroformartig riechende Flüssigkeit (Kp. 131 °C), die sich an der Luft braun färbt. P. ist ein wichtiger Baustein der Blut-, Blatt- und Gallenfarbstoffe. Technisch gewinnt man es meist synthetisch aus Butin-2-diol-(1,4) und Ammoniak. Verwendet wird es

zu organischen Synthesen, besonders auf dem Gebiet der Naturstoffe.

Pyruvate, Salze und Ester der → Brenztraubensäure.

pythagoreischer Lehrsatz, dem griechischen Philosophen und Mathematiker Pythagoras (6. Jh. v. u. Z.) zugeschriebener Lehrsatz. Danach ist im rechtwinkligen Dreieck die Summe der Quadrate über den Katheten (Kathetenquadrate) gleich dem Quadrat über der Hypotenuse (Hypotenusenquadrat); sind a und b die Länge der Katheten, c die der Hypotenuse, so ist also $a^2 + b^2 = c^2$. Der pythagoreische L. ist ein besonders wichtiger Satz für Längen- und Flächenberechnungen in der Planimetrie. (Abb.)

Als **pythagoreische Zahlen** bezeichnet man drei natürliche Zahlen a , b und c , zwischen denen die Beziehung $a^2 + b^2 = c^2$ besteht, z. B. 3, 4 und 5, denn $3^2 + 4^2 = 5^2$. Es gibt unendlich viele solcher Zahlentripel. Dreiecke, deren Seitenlängen pythagoreische Zahlen sind, heißen **pythagoreische Dreiecke**; sie sind stets rechtwinklig.



pythagoreischer Lehrsatz

q, altes Kurzz. für Quadrat in Verbindung mit Längeneinheiten, z. B. qm. Es ist nicht mehr zulässig und durch die zweite Potenz (also z. B. m²) zu ersetzen.

Quader, Recthflach, 1) Geometrie: ein Körper, der von 6 paarweise kongruenten und parallel liegenden Rechtecken begrenzt wird. Oberfläche $O = 2(ab + ac + bc)$; Rauminhalt $V = abc$. Der Q. ist eine Sonderform des geraden vierseitigen Prismas bzw. des Parallelepipeds.

2) Bauwesen: ein großer Werkstein mit ebenen Flächen für Repräsentationsbauten, Brückenpfeiler u. a., → Mauerwerk.

Quadrant, 1) ein Viertelkreis, d. h. der Teil einer Kreisfläche, der von zwei senkrecht aufeinanderstehenden Radien und dem von diesen Radien abgeschnittenen Kreisbogen begrenzt wird. Oft wird auch nur dieser Kreisbogen als Q. bezeichnet, z. B. beim Gradnetz der Erde der Äquatorquadrant und der Meridianquadrant (Meridianbogen zwischen Äquator und Pol).

2) einer der vier Teile, in die die Ebene durch die Achsen eines rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystems geteilt wird. Beginnend mit demjenigen, in dem beide Koordinaten positiv sind, bezeichnet man sie entgegen dem Uhrzeigersinn der Reihe nach als 1., 2., 3. und 4. Q.

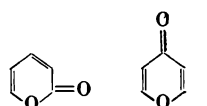
3) **Ruderquadrant**, → Ruder.

Quadrat, 1) Vorsatz zur Kennzeichnung der zweiten Potenz von Längeneinheiten als Flächeneinheiten, z. B. **Quadratmeter**, Kurzz. m², der Inhalt einer Fläche von der Seitenlänge 1 Meter.

2) ein ebenes Viereck mit gleichen Seiten und gleichen Winkeln. Da die Winkelsumme im Viereck 360° beträgt, ist jeder Winkel im Q. gleich 90°, d. h. ein rechter Winkel. Bezeichnet a die Seitenlänge des Q.s, so sind der Flächeninhalt $A = a^2$, der Umfang $U = 4a$, die Länge der Diagonale $d = a\sqrt{2}$. Die Diagonalen im Q. sind gleich lang, stehen aufeinander senkrecht und halbieren einander.

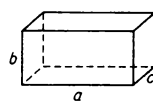
3) in der Arithmetik die zweite → Potenz.

quadratische Formen in zwei Unbestimmten x und y sind Ausdrücke der Gestalt $a_{11}x^2 + a_{12}x \cdot y + a_{22}y^2$. Entsprechend nennt man $a_{11}x^2 + a_{12}xy + a_{22}y^2 + a_{13}xz + a_{23}yz + a_{33}z^2$ eine q. Form in den drei Unbestimmten x , y und z . Q. F. in zwei und drei Unbestimmten treten auf bei der Untersuchung von Kurven und Flächen zweiter Ordnung.



α -Pyron

γ -Pyron



Quader



Pyrrol

Quadratur, in der Mathematik a) ursprünglich die Verwandlung einer (meist) krummlinig begrenzten ebenen Fläche in ein Quadrat mit gleichem Flächeninhalt auf elementargeometrischem Wege. Ein bereits seit dem Altertum bekanntes und berühmtes Problem ist die *Q. des Kreises*: in einem endlichen Teil der Ebene soll durch Konstruktion mit Zirkel und Lineal ein vorgegebener Kreis in ein flächengleiches Quadrat verwandelt werden. Diese Aufgabe ist unlösbar. b) die Bestimmung des Flächeninhalts einer (meist) krummlinig begrenzten ebenen Fläche. Das geschieht im allgemeinen mit Hilfe der \rightarrow Integralrechnung, wobei häufig mit numerischen oder graphischen Näherungsverfahren gearbeitet werden muß. Näherungslösungen für die *Q.* können auch auf mechanischem Wege (z. B. mittels Integrimeter) ermittelt werden. c) das Integrieren einer Differentialgleichung, wenn es sich um eine gewöhnliche Integration handelt.

Quadrupol, \rightarrow Ladung.

Quantelung, der Übergang von klassischen zu quantentheoretischen Gleichungen durch Einführung des Planckschen Wirkungsquantums h und Vertauschungsrelationen für kanonisch konjugierte physikalische Größen; \rightarrow Quantentheorie.

Quanten, in der Atomphysik die Teilchen, die man bei der komplementären Betrachtungsweise der Felder erhält (\rightarrow Komplementarität, \rightarrow Dualismus von Welle und Korpuskel). Im besonderen versteht man darunter die Photonen (Lichtquanten), also die Teilchen, die dem elektromagnetischen Feld zuzuordnen sind. Nach der \rightarrow Quantentheorie der Felder besitzt jedes physikalische Feld bestimmte *Q.*; so gehören z. B. zum Kernfeld die π -Mesonen. Die Photonen haben keine Ruhmasse und genügen der Bose-Einstein-Statistik. Diese beiden Eigenschaften bewirken, daß beim Licht die korpuskulare Betrachtungsweise gegenüber der Feldvorstellung zurücktritt. Nach der Bose-Einstein-Statistik ist die Zahl der Teilchen, die sich in einem bestimmten Energiezustand befinden, unbegrenzt im Gegensatz zur Fermi-Dirac-Statistik (\rightarrow statistische Mechanik). Deshalb sind die Teilchen, die der Fermi-Dirac-Statistik genügen, viel stärker individualisiert als die Photonen, von denen beliebig viel „auf einer Welle sitzen können“.

Lit. Macke: *Q.* (2. Aufl. Leipzig 1962).

Quantenausbeute, in der \rightarrow Photochemie bei der Absorption von Licht durch ein reaktionsfähiges Gemisch das Verhältnis der Zahl der reagierenden Moleküle zur Zahl der absorbierten Lichtquanten. Nach der Quantentheorie sollte die *Q.* im Idealfall gleich 1 sein (**photochemisches Äquivalenzgesetz**; **Stark-Einsteinsches Äquivalenzgesetz**, **Quantenäquivalenzgesetz**); das bedeutet, daß ein Molekül gerade durch ein Lichtquant zur Reaktion gebracht würde. Dieser Primärvorgang wird jedoch meist durch Sekundäreffekte überdeckt, so daß man im allgemeinen Q_n mißt, die von 1 verschieden sind. Die *Q.* ist kleiner als 1, wenn z. B. ein Teil der absorbierten Quanten wieder als Licht emittiert wird (Fluoreszenz); sie ist größer als 1, wenn sich an die Primärreaktion weitere nicht-photochemische Folgeaktionen anschließen, und besonders groß bei Kettenreaktionen.

Quantenchemie, Teilgebiet der theoretischen Chemie, in dem die Quanten- bzw. Wellenmechanik auf chemische Vorgänge, z. B. die Bildung von Molekülen mit Atombindung und deren energetisches Verhalten, angewandt wird. Für die quantenchemische Behandlung solcher Moleküle geht man von der Schrödinger-Gleichung aus und berücksichtigt in der Formulierung dieser Gleichung die zwischen den Atomkernen und Elektronen untereinander herrschenden Wechselwirkungen. Solche Vielelektronenprobleme sind

aber selbst mit dem Einsatz moderner Rechen-technik keineswegs exakt zu lösen, so daß man sich auf Näherungen beschränken muß. Dabei werden zwei Näherungen besonders angewandt, und zwar die *VB-Methode* (englisch *valence bond method*) und die *LCAOMO-Methode* (englisch *linear combination of atomic orbitals to molecular orbitals method*), bei denen die durch chemische Bindungen verursachten Wechselwirkungen als Störungen in den Eigenfunktionen (\rightarrow Schrödinger-Gleichung) des Atoms aufgefaßt werden, die mit den Mitteln der Störungsrechnung, einer der Astronomie entlehnten mathematischen Methode, berücksichtigt werden. Bei der Durchführung der Rechnung ergibt sich, daß spezielle Integrale, die Austauschintegrale, für die Bindungseigenschaften charakteristisch sind.

Besondere Erfolge hat die *Q.* bei der Behandlung von aromatischen Verbindungen zu verzeichnen, bei denen sich qualitativ richtige Aussagen über eine Reihe von Eigenschaften, z. B. Lichtabsorption und Reaktionsmechanismus, machen lassen. Von einer quantitativ richtigen Behandlung ist man mit Ausnahme einfacher Moleküle (z. B. Wasserstoff) jedoch noch weit entfernt. 1966 erhielt der Amerikaner R. S. Mulliken den Nobelpreis für seine Arbeiten auf dem Gebiet der *Q.*

Lit. Preuß: *Q.* für Chemiker (Leipzig 1966).

Quantenelktrodynamik, \rightarrow Quantentheorie der Felder.

Quantenmechanik, die quantentheoretische Verallgemeinerung (\rightarrow Quantentheorie) der klassischen Mechanik. Die bekanntesten (einander äquivalenten) Formulierungen sind die Heisenbergsche \rightarrow Matrizenmechanik und die Schrödingersche \rightarrow Wellenmechanik. Der Übergang zwischen den verschiedenen Darstellungsweisen erfolgt mit Hilfe der \rightarrow Transformationstheorie.

Lit.: \rightarrow Quantentheorie.

quantenmechanische Darstellungstheorie, svw. \rightarrow Transformationstheorie.

Quantenstatistik, \rightarrow statistische Mechanik.

Quantentheorie, eine physikalische Theorie, die berücksichtigt, daß Größen von der Dimension einer Wirkung (Energie \cdot Zeit, Länge \cdot Impuls) in der Natur nur als ganzzahlige Vielfache des Planckschen Wirkungsquantums h vorkommen ($h = 6,626 \cdot 10^{-27}$ erg s). Die *Q.* ist immer dann an Stelle der klassischen Theorie anzuwenden, wenn die auftretenden Größen von der Dimension einer Wirkung nicht mehr groß gegen h sind. Die *Q.* wurde durch Max Planck begründet, der unter der Annahme, daß die Atome Strahlungsenergie nicht stetig, sondern immer nur stoßweise in bestimmten Quanten (Energieelemente) aussenden, das richtige \rightarrow Strahlungsgesetz fand (1900). Einstein gelang 1905 mit Hilfe der Planckschen Annahme die Deutung des lichtelektrischen Effektes. In der Weiterentwicklung erwies sich die bei der Lichtemission sich zeigende Quantelung der Energie als eine Folge der allgemeingültigen Quantelung der Wirkung. Dies ergab sich insbesondere mit der Entwicklung der Theorie des Aufbaus der Atomhülle durch Bohr und Sommerfeld (\rightarrow Atomphysik). Hier war das Bohrsche \rightarrow Korrespondenzprinzip wichtig. Durch die Bohr-Sommerfeldsche Theorie konnten viele Erscheinungen geklärt werden (Erklärung von Spektren, Aufbau der Atomhülle). Verschiedene Ergebnisse konnten allerdings nur durch willkürlich erscheinende Abänderungen mit den Experimenten in Einklang gebracht werden. Die Quantenbedingungen spielten in dieser älteren Quantentheorie noch eine isolierte Rolle, sie traten als Fremdkörper zur klassischen Physik hinzu. Diese Schwierigkeiten wurden durch die moderne \rightarrow Quantenmechanik beseitigt, die 1925 von Heisenberg als Matrizenmechanik und 1926 von Schrödinger als Wellenmechanik entwickelt

wurde. Beide Formen sind äquivalent und erwiesen sich als spezielle Formen einer allgemeineren Darstellung der Quantenmechanik. Als wesentlich für die Q. zeigte sich der \rightarrow Dualismus von Welle und Korpuskel. Er hat zur Folge, daß die Q. durch unsere (in Bereichen der Gültigkeit der klassischen Physik entwickelte) Anschauung nicht widerspruchsfrei erfassbar ist. Die Grenzen der widerspruchsfreien Anwendbarkeit klassischer Begriffe in der Q. sind durch die \rightarrow Heisenbergsche Unschärferelation bestimmt, \rightarrow Komplementarität. Die Q. wurde bei der Lösung zahlreicher Probleme angewendet, z. B. zur Deutung der Spektren höherer Atome und der Molekülspektren, zur Berechnung von Bindungsenergien der Moleküle, der spezifischen Wärme bei tiefen Temperaturen, der Fluoreszenz, der Leitfähigkeit von Metallen (\rightarrow Bändermodell), des Ferromagnetismus und der Supraleitung. Um die Wellenmechanik und Quantenmechanik trotz ihrer mathematischen Schwierigkeiten überhaupt der rechnerischen Behandlung zugänglich zu machen, mußten dabei vor allem Näherungsmethoden entwickelt werden. Die Quantenmechanik ist heute eine abgeschlossene, in sich widerspruchsfreie Theorie. Schwierigkeiten hingegen bereitet die Verallgemeinerung auf relativistisch zu behandelnde Probleme; die Quantenmechanik genügt nicht den Forderungen der speziellen Relativitätstheorie; einen Teilerfolg bedeutet hier die \rightarrow Diracsche Theorie. Eng hiermit zusammen hängt die quantentheoretische Verallgemeinerung der klassischen Theorie der Felder, \rightarrow Quantentheorie der Felder.

Lit. Blochinzew: Grundlage der Quantenmechanik (dtisch 6. Aufl. Berlin 1967); Heber u. Weber: Grundlagen der modernen Quantenphysik, 2 Bde (Leipzig 1956/57); Hund: Einführung in die theoretische Physik, Bd 5 (Leipzig 1950); Macke: Quanten (Leipzig 1959); Picht: Vorlesungen über Atomphysik, 2 Bde (Berlin 1956/57); Sokolow: Quantenelektrodynamik (dtisch Berlin 1958); Teichmann: Einführung in die Quantenphysik (2. Aufl. Leipzig 1950); Dawydow: Quantenmechanik (dtisch Berlin 1967).

Quantentheorie der Felder. Nach dem Prinzip der \rightarrow Komplementarität ist jeder Erscheinungsform der Materie Wellen- und Teilchencharakter zuzuschreiben. Die Quantenmechanik von Schrödinger, Heisenberg und Dirac führte dieses Programm aber zunächst nur für das Elektron durch, während für elektromagnetische Einwirkungen auf atomare Systeme die klassische Maxwell'sche Feldvorstellung beibehalten wurde. Nur im Emissions- und Absorptionsprozeß trat das quantisierte Feldteilchen, das *Photon*, auf. Die Q. d. F. will nun für alle Arten von Feldern, unabhängig von ihrer Wechselwirkung mit Elementarteilchen, die Quantelung durchführen. Schwierigkeiten treten hierbei auf, wenn die Feldquantelung den Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie angepaßt werden soll; in diesem Fall müßte man bei Wechselwirkung mit Korpuskeln diese als punktförmig ansehen; das führt jedoch zu unendlich großen Selbstenergien.

Die Quantelung des elektromagnetischen Wellenfeldes führte zum Aufbau einer **Quantenelektrodynamik**. Danach sind die ruhmasse- und ladungslosen Photonen die Quanten des Feldes und ihre Quellen die elektrischen Ladungen. Kraftwirkungen zwischen den Ladungen werden durch Austausch der Feldquanten hervorgerufen.

Um die Kernkräfte zu deuten, führte Yukawa das Mesonenfeld ein. Seine Quellen sind die Nukleonen (hierbei spielt die elektrische Ladung des Protons keine Rolle), seine Quanten die Mesonen, die im Gegensatz zu den Photonen eine Ruhmasse besitzen und $+1$, -1 oder 0 elektrische Elementarladungen tragen. Die Kraftwirkungen des Mesonenfeldes klingen innerhalb einer sehr kurzen Strecke (10^{-13} cm) ab. Die Kern-

kräfte kommen durch Austausch der Mesonen zwischen den Nukleonen zustande.

Das Elektron ist ebenfalls als Quant eines Feldes aufzufassen, dessen Quellen wieder in den Nukleonen liegen, das aber eine Reichweite von etwa 10^{-8} cm hat. Dieses Feld bewirkt durch Elektronenaustausch den Zusammenhalt der Atome im Molekül und liefert damit die chemischen Kräfte bei der homöopolaren Bindung.

Die Quellen des Gravitationsfeldes sind die (schweren) Massen. Wahrscheinlich sind ihm auch Gravitationsquanten zuzuordnen.

Wahrscheinlich hat man auch die schweren Teilchen (Nukleonen und Kerne) als Quanten eines entsprechenden, noch unbekannten Feldes anzusehen.

Quantenzahlen, charakteristische Größen zur Kennzeichnung von Energiestufen im Bereich der Quantenmechanik, speziell für die Kennzeichnung von Elektronen. Bei diesen unterscheidet man als wesentliche Q. die Hauptquantenzahl n , die Nebenquantenzahl l , die magnetische Quantenzahl m und die Spinquantenzahl s . Unterscheiden sich die Elektronen in den Q., so unterscheiden sie sich auch in ihrer Energie.

Quarks [aus dem Englischen], hypothetische Fundamentarteilchen. Eine Reihe bekannter Elementarteilchen (außer Leptonen) und Resonanzen sollen Verbindungen dieser noch einfacheren Materiebausteine sein. Die Bezeichnung Q. wurde 1964 von Gell-Mann eingeführt.

Quartär, das jüngste der geologischen Systeme (\rightarrow System, Tab.). In der unteren Abteilung des Q.s, im **Pleistozän** (**Eiszeitalter**, früher auch als **Diluvium** bezeichnet), waren infolge Temperaturerniedrigung und vermehrter Niederschläge weite Flächen der Erde von Gletschern bedeckt, die sedimentbildend und landschaftsformend wirkten. Die Klimazonen wurden äquatorwärts verschoben. Den \rightarrow Eiszeiten (Glazialzeiten) höherer Breiten, die mit Warmzeiten \rightarrow (Interglazialzeit) wechselten, entsprachen Regenzeiten (\rightarrow Pluvialzeit) in den niederen Breiten. Auch die vor den Gletschern liegenden Periglazialgebiete gestalteten sich unter dem Einfluß des Eises. Das Gebiet der Alpen wurde während des Pleistozäns von vier Eiszeiten betroffen: *Günz-, Mindel-, Riß- und Würmeiszeit*. Im mittlereuropäischen Tiefland sind nur die Mindel-, Riß- und Würmeiszeit nachweisbar, die man hier auch als *Elster-, Saale- und Weichseleiszeit* bezeichnet. Die dieses Gebiet bedeckenden, bis zum Fuß der Mittelgebirge reichenden Eismassen gingen vom skandinavischen Hochgebirge aus. Die Vereisung der Alpen beruhte auf einer größeren Ausdehnung der Alpengletscher. Weitere europäische Vergletscherungsgebiete waren die Vogesen, der Schwarzwald, der Böhmerwald, die Karpaten und Großbritannien. Ähnlich wie Nordeuropa trugen auch Nordamerika und Nordasien zusammenhängende Inlandeisecken. Grönland, Island, die asiatischen Hochgebirge, die südamerikanischen Anden, Antarktika und Neuseeland waren stärker vergletschert als heute. Das Eis und seine Schmelzwässer schufen Urstromtäler und charakteristische Moränenlandschaften.

Im jüngeren Q., dem **Holozän** (**Nacheiszeit**, früher auch als **Alluvium** bezeichnet), nahm das Erdbild sein heutiges Aussehen an. Es entstand der Lebensraum, in dem sich der während der Eiszeit erschienene Mensch als letztes Glied der organischen Entwicklung herausbildete.

Quarz, wichtiges gesteinsbildendes Mineral, häufigstes Mineral der festen Erdkruste, trigonal bis 573°C (**Tiefquarz**), zwischen 573 und 870°C hexagonal (**Hochquarz**); es gibt noch 4 kristalline Formen, die ebenfalls im Verhältnis der reversiblen Umwandlung zueinander stehen; Härte nach Mohs 7, D. $2,65\text{ g cm}^{-3}$ (Bergkristall),

2,59 bis 2,61 g cm⁻³ (Chalzedon). Q. ist optisch aktiv, er dreht die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes nach rechts (**Rechtsquarz**) oder nach links (**Linksquarz**); er hat piezo- und pyroelektrische Eigenschaften; Zwillingsbildungen sind häufiger als die von einfachen Kristallen.

Q.e zeigen nach der Art ihrer gestaltlichen Ausbildung, der Struktur, der Färbung und im geologischen Auftreten bedeutende Abweichungen. Man unterscheidet verschiedene Varietäten. 1) Gut kristallisierte Q.e und kristalline Aggregate, z. B. **Bergkristall** (farblos, klar, durchsichtig, zuweilen riesige zentnerschwere Kristalle), **Rauchquarz** (rauchbraun), **Morion** (schwarz), **Amethyst** (violett), **Zitron** (gelb), **Milchquarz** (weiß, durch Einschlüsse und Sprünge getrübt), **Eisenkiesel** (rot, durch Eisenoxide gefärbt).

2) Körnige, derbe, in größeren Massen vorkommende Q.e, z. B. **Rosengquarz** (rosenrot), **Gemeiner Q.** (durchscheinend, trüb oder gefärbt; aus ihm setzen sich im wesentlichen Sandsteine, Quarzite und Quarzsande zusammen). Daneben gibt es noch zahlreiche Varietäten, z. B. **Avanturinquarz** (grün oder rot schillernder Glanz durch Einschlüsse von Glimmer- oder Hämatitschüppchen), **Prasem** (lauchgrün), **Blauquarz** (tiefblau), **Tigerauge** (goldgelb), **Katzenauge** (grünlichgrau).

3) Q.e in dichten, feinstfaserigen und -körnigen Aggregaten mit tauglicher und glaskopffähnlicher Oberfläche heißen **Chalzedon**. Nach der Farbe werden folgende Varietäten unterschieden: **Karneol** (gelbrot bis blutrot), **Chrysopras** (apfelgrün), **Plasma** (dunkelgrün), **Sarder** (braun, rot durchscheinend), **Heliotrop** (dunkelgrün mit roten Tupfen). Feinschichtiger, aus dünnen Lagen mit wechselnder Färbung bestehender Chalzedon wird als **Achat** bezeichnet; Varietäten sind z. B. **Onyx** (weiß-schwarzschriftig), **Sardonix** (weiß-bräunlich), **Trümmerschat** besteht aus verbräunten Achat-Bruchstücken. Feinstkörniger und undurchsichtiger Chalzedon wird als **Jaspis** bezeichnet.

Q. kommt in allen drei Abfolgen der Mineralbildung vor. Er wird sehr vielseitig verwendet, z. B. schön gefärbte Varietäten als Edel- und Schmucksteine, unverzwilligte Kristalle als Piezoquarze für Druckmessungen, in der Hochfrequenztechnik und Elektroakustik; weiterhin dient Q. für die Linsen- und Prismenherstellung in der optischen Industrie, für hitze- und säurebeständige Laborgeräte in der chemischen Industrie, für Quarzlampen. Reine Quarzsande verwendet man in der Keramik und Glasindustrie, Achte als Reibschalen und Mörsen.

Quarzgenerator, ein Wechselspannungsgenerator, dessen Oszillatorteil einen Schwingquarz als frequenzbestimmendes Glied verwendet. Je nach Konstruktion und Aufwand ist die abgegebene Frequenz des Q.s sehr genau und konstant. Q.en dienen z. B. zur Ansteuerung von Sendern oder hochwertigen kommerziellen Empfängern und als Frequenznormal für Frequenzmeßeinrichtungen.

Quarzglas, → Kieselglas.

Quarzgut, svw. Kieselgut, → Kieselglas.

Quarzit, helles, fast nur aus Quarz bestehendes sedimentäres oder metamorphes Gestein.

1) **Metamorpher Q.** ist aus Sandstein entstanden, dessen Quarzkörner unmittelbare Kornbindung ohne Zwischenmittel erhalten haben; er hat ein dicht erscheinendes Gefüge. Helle Glimmerlagen ergeben stellenweise ein schiefrißiges Aussehen (**Quarzitschiefer**). Das Gestein ist gegen Verwitterung sehr widerstandsfähig und überragt als Härtling seine stärker abgetragene Umgebung. Metamorpher Q. wird zu Schotter und Pflastersteinen verarbeitet. 2) **Sedimentärer Tertiärquarzit** (**Zement-, Braunkohlenquarzit, Knollenstein**) ist aus Sanden entstanden, deren Poren durch Kieselsäure in Form von Chalzedon aus-

gefüllt wurden. Da der Sand oft nur stellenweise von dieser Einkieselung betroffen wurde, kam es zur Bildung von Quarzknollen. Dieser Q. ist besonders zur Herstellung von feuerfesten Silikasteinen geeignet.

Quarzlampe, eine Quarz-Quecksilberdampf-lampe (→ Metaldampf-lampe) zur Erzeugung ultravioletter Strahlung. Der wesentliche Teil der Q. ist ein gerader oder U-förmig gebogener Brenner aus ultraviolett durchlässigem Quarz, der eine geringe Menge Quecksilber enthält. An den beiden Enden des Brenners sind Elektroden eingeschmolzen, zwischen denen sich nach Anlegung einer Spannung und Zündung der Lampe eine Quecksilberdampf-Bogenentladung ausbildet, die die Quelle der ultravioletten Strahlung ist. Da Quarz ultraviolett durchlässig ist, gelangt die Strahlung ohne Schwächung nach außen. Man unterscheidet nach ihrem Verwendungszweck **Bestrahlungsquarzlampen** (**Höhensonnen**) für die medizinische Heilbehandlung und **Analysenquarzlampen** für die wissenschaftliche Forschung und für gerichtliche Untersuchungen. Q.n werden ferner für photochemische und biologische Zwecke verwendet. Die Q. wurde entwickelt, nachdem es Küch 1906 gelungen war, die starke Ultraviolettstrahlung des Quecksilberlichtbogens durch Verwendung von Quarz als Hülle auszunutzen.

Quarzporphyr, ein dem Liparit entsprechendes, oft rötliches Ergußgestein höheren Alters mit Quarz, entmischten und z. T. zersetzten Feldspäten und Biotit als Einsprenglingen. Die Grundmasse erweist sich unter dem Mikroskop bald als feinkörniges Gemenge der genannten Minerale (**mikrogranitischer Q.**), bald als mikropregmatitische, oft schwer auflösbare Aggregate von Quarz und Feldspat (**Granophyr**), bald als radialfaserige Quarz-Feldspat-Kügelchen (**sphärolithischer Q.**), bald als ein Gewirr feinsten Schüppchen und Fäserchen von Entglasungsprodukten, das oft Fluidalstruktur zeigt (**felstischer Q.**). Q. bildet Decken, Gänge und Kuppen; er ist weit verbreitet und wird für Schotter und Splitt verwendet.

Quarzuhr, ein Zeitmeßgerät höchster Genauigkeit. Von einem in einen Thermostat eingebauten Schwingquarz wird die Ausgangsfrequenz von meist 100 kHz piezoelektrisch erzeugt. Der Quarz ist mit dem Gitter einer Triode verbunden und wird in den Schwingkreis eingesetzt. Entsteht eine Resonanz zwischen den Frequenzen des Schwingkreises und der Eigenfrequenz des Quarzes, so setzt letzterer seine Frequenz durch und wird zum Zeitnormal. Nachgeschaltete Frequenzteiler stellen eine Frequenz von 50 Hz her, die zum Betrieb von Synchronuhren verwendet wird. Die Ganggenauigkeit der Q. (z. B. 1 s Fehler in 3 Jahren) entspricht der Genauigkeit der Schwingungen des Quarzes. Die Q. wurde 1933/1934 von den deutschen Physikern Scheibe und Adelsberger entwickelt.

Quasar, svw. → quasistellare Radioquelle.

quasioptisch, Bezeichnung für die Ausbreitung von Ultrakurzwellen (also von sehr kurzen Rundfunkwellen), da diese sich geradlinig wie das Licht ausbreiten und ihre Reichweite nicht wesentlich größer als die Sichtweite ist.

quasistellare Radioquelle, **Quasar**, eine intensive Radioquelle, die optisch sternähnlich erscheint. Bis jetzt sind etwa 100 q. R.n bekannt. Charakteristisches Merkmal ist die außerordentlich hohe Rotverschiebung der Spektrallinien. Deutet man diese Rotverschiebung als Dopplereffekt, dann ergeben sich Radialgeschwindigkeiten bis zu 85 % der Lichtgeschwindigkeit.

Über die physikalische Struktur dieser Objekte ist bis jetzt noch nichts Sicheres bekannt. Diskutiert werden unter anderem drei wesentlich verschiedene Möglichkeiten: 1) Es handelt sich

bei den q.n.R.n um extragalaktische Objekte, die sich in riesigen Entfernungen von mehr als 1 Milliarde pc (Parsec) befinden. Ihre Rotverschiebung ist dann als Folge der allgemeinen Expansion des sichtbaren Teils des Weltalls (\rightarrow Kosmologie) zu erklären. 2) Es handelt sich um Objekte, die bei einer Explosion des zentralen Kerns des Milchstraßensystems ausgeschleudert wurden und jetzt eine Entfernung von etwa 1 Million pc erreicht haben. Die Rotverschiebung ist dann ein rein kinematischer Effekt. 3) Es handelt sich um Gebilde von etwa 100 Millionen Sonnenmassen in einer Entfernung von rund 10 Millionen pc, die sich in einem außerordentlich raschen, katastrophenartigen Zusammenbruch (Kollaps) befinden. Die Rotverschiebung ist dann als relativistischer Effekt zu verstehen.

Quasiteilchen, Bezeichnung für eine Reihe von Objekten der Mikrophysik, die sich in mancher Hinsicht wie Teilchen (\rightarrow Quanten, \rightarrow Korpuskeln) verhalten. Zu den Q. gehören z. B. \rightarrow Phonon, \rightarrow Roton, \rightarrow Magnon, \rightarrow Ferromagnon, \rightarrow Exciton und \rightarrow Polaron.

Quaternionen, \rightarrow hyperkomplexes System.

Quecksilber, Symbol Hg [von Hydrargyrum], chemisches Element aus der II. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall, Edelmetall; Ordnungszahl 80, Massenzahlen der Isotope 202, 200, 199, 201, 198, 204 und 196, Atomgewicht 200,59 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, II, D. 13,546 g cm $^{-3}$, F. $-38,84^\circ\text{C}$, Kp. $356,95^\circ\text{C}$. Q. ist silberweiß glänzend und als einziges Metall bei Zimmertemperatur flüssig, im festen Zustand ist es weich und dehnbar. Die Oberflächenspannung ist viel höher als bei nichtmetallischen Flüssigkeiten, deshalb benetzen Quecksilbertropfen ihre Unterlage nicht, sondern bilden abgeplattete Kugeln. Die Wärmeausdehnung des Q.s ist zwischen 0 und 100°C direkt proportional der Temperatur; Q. eignet sich deshalb sehr gut als Thermometerflüssigkeit. Die Dämpfe des Q.s, die sich bereits bei Zimmertemperatur entwickeln, sowie alle löslichen Quecksilberverbindungen sind sehr giftig. In verdünnter Schwefelsäure und in Salzsäure ist Q. unlöslich. Von verdünnter Salpetersäure wird es nur sehr wenig angegriffen, dagegen löst es sich in warmer konzentrierter Schwefelsäure, in Salpetersäure und in Königswasser. Q. bildet mit einer Vielzahl von Metallen (außer mit Fe, Co, Ni, Mn, W, Mo) Legierungen, die \rightarrow Amalgame. In eisernen Behältern wird es aufbewahrt und in den Handel gebracht. Q. findet sich in der Natur sehr selten. Das wichtigste Quecksilbererz ist Zinnober, in dem Q. zuweilen auch tropfenweise gediegen vorkommt. Das Erz wird geröstet, die entstehenden Quecksilberdämpfe werden in mehreren Röhrenkondensatoren kondensiert. Neben reinem, tropfbarem Q. bildet sich die *Stupp*, d. s. feinste Quecksilbertropfchen, die mit Staub, Ruß und Teer bedeckt sind und deshalb nicht zusammenfließen. Die Stupp wird mit Kalk vermengt und das Q. in der Stupppresse abgepreßt. Q. wird technisch sehr vielseitig verwendet. So dient es z. B. zur Herstellung von Thermometern und Gasdruckmessern, für automatische und elektrische Schalter, Druckregler, elektrische Kontakte, als Treibmittel in Hochvakuum-pumpen, in Quecksilberdampfgleichrichtern zur Steuerung und Gleichrichtung niederfrequenter Wechselströme (\rightarrow Thyatron, \rightarrow Stromrichter), zur Erzeugung ultravioletter Strahlen in Quecksilberdampflampen (z. B. \rightarrow Quarzlampe), als Katodenmaterial bei der Chloralkalielektrolyse, zur Amalgamation der Zinkplatten für galvanische Elemente, auch für Gießformen zur Anfertigung von Präzisionsteilen für Düsenflugzeuge, Radargeräte u. a., in der Zahntechnik für Silberamalgame, ferner zur Herstellung von Malerfarben (*Zinnober*).

Der Widerstand einer Quecksilbersäule von 106,3 cm Länge und 1 mm 2 Querschnitt bei 0°C diente früher als gesetzliche Einheit des elektrischen Widerstandes (Ohm).

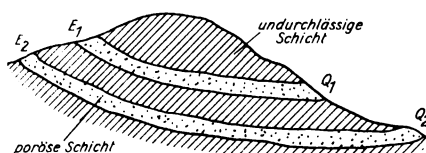
Quecksilberverbindungen. **Quecksilber(I)-chlorid** (*Kalomel*), Hg_2Cl_2 , farbloses Pulver, sublimiert bei 383°C in faserigen Kristallen, verwendet als mildes Abführmittel, zur Herstellung von Elektroden, im Zeugdruck, in der Galvanoplastik und in der Porzellanmalerei zum Goldauftragen; **Quecksilber(II)-chlorid** (*Sublimat*), HgCl_2 , farblose, sublimierbare Kristalle, verwendet als Antiseptikum und Desinfektionsmittel, ferner als Konservierungsmittel, zum Ätzen von Stahl und Eisen, zur Tintenherstellung und in der Photographie als Verstärker; **Quecksilberfulminat** (Trivialname *Knallquecksilber*), $(\text{CNO})_2\text{Hg}$, das Quecksilbersalz der Knallsäure $\text{CN}-\text{OH}$, ein farbloses Pulver, das durch Erhitzen, Stoß, Schlag oder Reibung explosionsartig zerfällt, Detonationsgeschwindigkeit 5500 m s^{-1} , verwendet als Initialsprengstoff zur Füllung von Zündhütchen und als Zündsatzaufladung für Sprengkapseln, **Quecksilber(II)-jodid**, HgI_2 , rote Kristalle, dient als Salbe gegen Hautkrankheiten und gelöst in Kaliumjodid als Neßlers Reagens zum Nachweis kleinster Ammoniakmengen (brauner Niederschlag); **Quecksilber(II)-oxid**, HgO , tritt je nach Korngröße in einer gelben und einer roten Form auf, verwendet in der präparativen Chemie und in der Medizin; **Quecksilber(I)-sulfat**, Hg_2SO_4 , farblose Prismen, dient als Katalysator in der organischen Chemie, bei der Herstellung von Normalelementen u. a.; **Quecksilber(II)-sulfat**, HgSO_4 , farblose, blättchenförmige Kristalle, dient vor allem als Katalysator; **Quecksilber(II)-sulfid**, HgS , tritt in einer beständigen roten und in einer unbeständigen schwarzen Modifikation auf, die rote Form kommt in der Natur als Zinnober vor, verwendet als Malerfarbe.

Quecksilberdampflampe, eine \rightarrow Metall-dampflampe.

Quecksilberschalter, ein elektrischer \rightarrow Schalter.

Quecksilberverfahren, \rightarrow Chloralkalielektrolyse.

Quellen, Stellen der Erdoberfläche, an denen das aus Niederschlägen gespeiste Grundwasser (vadoses Wasser) dauernd oder zeitweilig ausfließt. In seltenen Fällen tritt aus Q. auch juveniles Wasser aus, das tieferen Teilen des Erdinneren entstammt. Nach den tektonischen Verhältnissen und der Art der Wasserbewegung unterscheidet man absteigende und aufsteigende Q. 1) Bei den **absteigenden Q.** oder **Auslaufquellen** bewegt sich das Wasser abwärts zum Austrittspunkt. Hierzu gehören a) **Talquellen**, die dort entstehen, wo sich das Tal bis zum Grundwasserspiegel eintieft; b) **Schichtquellen**, die dort auftreten, wo eine geneigte, wasserführende Schicht durch Erosion angeschnitten wird; c) **Stau- oder Barrierequellen**, die dort entstehen, wo wasserführenden Schichten schwer durchlässiges Gestein vorgelagert ist; d) **Überfallquellen**, die entstehen, wenn sich das Grundwasser in einer Mulde über undurchlässigen Schichten sammelt und schließlich bei Erreichen des Randes der Muldenfüllung an einem Hang der Mulde hervorquillt. 2) Die **aufsteigenden Q.**



Schichtquellen (Q_1 und Q_2) mit ihren Einzugsgebieten (E_1 und E_2)

R

haben außer dem abwärts gerichteten Ast einen aufwärts gehenden, in dem das Wasser durch hydrostatischen Druck aufsteigt. Hierzu gehören vor allem **Verwerfungsquellen**. Sie entstehen dort, wo durch vertikale Verschiebungen von Krustenteilen wasserstauende neben wasserdurchlässige Gesteinskörper zu liegen kommen, so daß sich das Wasser an der Verwerfungslinie staut und als Quelle austritt. Ein Sonderfall der aufsteigenden Q. ist der → artesischer Brunnen.

Das Wasser der **Mineralquellen** enthält gelöste Minerale (mindestens 1 g je kg H_2O) oder Gase oder weist besondere physikalische Eigenschaften (z. B. Radioaktivität) auf. Mineralquellen mit therapeutischer Wirkung werden als **Heilquellen** bezeichnet. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheidet man Sauerlinge, alkalische Q., Kochsalzquellen, Bitterquellen, Eisenquellen, Schwefelquellen, Arsenwasser, radioaktive Mineralquellen, Kieselbrunnen und Jodquellen. **Sprudel** sind Sauerlinge, deren Auftrieb nicht durch hydrostatischen Druck, sondern vorwiegend durch unter Druck stehendes Kohlendioxid erfolgt.

Gewöhnlich haben Q. die mittlere Jahrestemperatur der Luft ihres Ortes. Warme Q., bei über 20 °C **Thermen** genannt, steigen aus größerer Erdtiefe auf, ihre Temperatur liegt gewöhnlich höher als die mittlere Jahrestemperatur des Ortes. Eine besondere Form heißer Q. sind die → Geysire.

Quellung, die Vergrößerung des Volumens eines festen Stoffes durch Flüssigkeitsaufnahme. Die Q. spielt vor allem bei makromolekularen Verbindungen in der Kolloidchemie und auch bei biologischen Vorgängen, z. B. bei vielen Stoffwechselreaktionen des Protoplasmas und bei Samenkeimung, eine Rolle.

Querdifferenz, die Differenz der Quersummen der 1., 3., 5., 7. ... Ziffer und der 2., 4., 6., 8. ... Ziffer einer mehrziffrigen Zahl. Eine Zahl ist durch 11 teilbar, wenn es ihre Q. ist. Zum Beispiel ist die Q. von 8830822 gleich $(8 + 3 + 8 + 2) - (8 + 0 + 2) = 21 - 10 = 11$. Diese Zahl ist demnach durch 11 teilbar.

Querfeldmaschine, eine Gleichstrommaschine (→ elektrische Maschine) mit zwei Bürstenpaaren je Polpaar. Für die Spannung über dem zweiten Bürstenpaar ist dabei das Querfeld maßgebend, das vom Ankerstrom aufgebaut wird, den das erste Bürstenpaar führt. Q.n sind z. B. Metadyne (Konstantstromgenerator) und Amplidyne (→ Verstärkermaschine).

Querkeilverbindung, eine lösbare, kraftschlüssige Verbindung. Sie wird zur Verbindung von Stangen mit Naben benutzt. Der Querkeil (Abb.) wird quer zur Stangenachse in eine Aussparung in Stange und Nabe eingetrieben und besitzt eine einseitige Steigung von 1:10 bis 1:25. Wegen erforderlicher Paßarbeit ist diese Verbindung teuer und wird wenig benutzt. Eine Q. ist z. B. die Verbindung von Kreuzkopfhülse und Kolbenstange einer Dampfmaschine.

Querschlag, → Strecke.

Querschnitt, ein ebener Schnitt senkrecht zur Länge oder Drehachse eines Körpers bzw. die zeichnerische Darstellung der Schnittfläche.

Quersumme, in der Arithmetik die Summe der Ziffern, aus denen eine natürliche Zahl zusammengesetzt ist; z. B. ist 18 die Quersumme von 1863, da $1 + 8 + 6 + 3 = 18$. Die Q. hat Bedeutung für Teilbarkeitsregeln und Rechenproben. Zum Beispiel ist eine Zahl durch 3 oder 9 teilbar, wenn ihre Q. durch 3 oder 9 teilbar ist.

Quertransformator, ein → Transformator, der in der Energieversorgung eingesetzt wird. Er liefert eine Zusatzspannung zur Netzspannung, die ihr gegenüber um 90° phasenverschoben ist, so daß die resultierende Spannung im wesentlichen nur in der Phasenlage geändert wird. Gegensatz: → Reihentransformator.

Querverband, eine Konstruktion zur Aufnahme der Windkräfte, die senkrecht zur Dachfläche wirken. Beim Pfettendach wird der Q. durch Streben und Spannriegel gebildet. Beim Sparren- und Kiehlbalkendach ist der Q. durch das unverschiebbliche Dreieck der Sparren gegeben. Unterschied: → Längsverband.

Querwandbauweise, → Bauweise.

Quetschgrenze, Fließgrenze beim → Druckversuch.

Quotient, das Ergebnis der Division.

r, 1) Zeichen für → Radius oder → Radiusvektor. 2) altes Kurz. für → Röntgen.

R, 1) Zeichen für → rechter Winkel. 2) Kurz. für → Röntgen. 3) Abk. für → Alkyl... 4) **R**, Zeichen für den elektrischen → Widerstand. 5) **R**, Zeichen für die Gaskonstante, → Gasgesetz. 6) **R**, Zeichen für → Rydbergkonstante. 7) **R**, Zeichen für → spezifische Lichtausstrahlung. 8) **R**, Vorsilbe zur Kennzeichnung der Konfiguration von Molekülen aller Asymmetriestufen, besonders von Naturstoffen mit mehreren Asymmetriezentren.

°R, 1) Kurz. für Grad Réaumur, → Réaumur-skala. 2) Kurz. für Grad Rankine, → Rankine-skala.

Ra, Symbol für → Radium.

Rabitzwand, eine leichte, von dem Maurermeister Rabitz erfundene Konstruktion für Trennwände. Sie besteht aus einem Traggerüst aus kreuzweise in etwa 50 cm Abstand angeordneten Rundstäben (5 mm Durchmesser), an dem ein verzinktes engmaschiges Stahldrahtgewebe befestigt und mit Haarkalkmörtel (Kalkmörtel mit Kälberhaaren) oder Gipsmörtel ausgedrückt und verputzt wird. Die Rabitzkonstruktion kann auch zur Herstellung von untergehängten Decken, Scheingewölben u. a. verwendet werden. (Abb.)

racon, → Radar, Abschn. 3a).

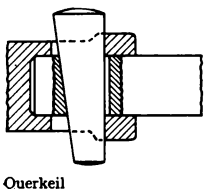
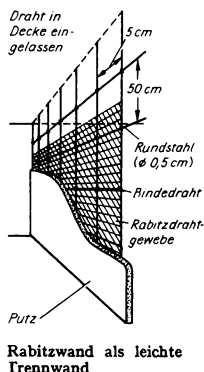
rad, 1) Kurz. für → Radiant. 2) Kurz. für → Rad.

Rad [Abk. von englisch radiation absorbed dose], Kurz. **rad**, auch **rd**, nicht gesetzliche Einheit der Energiedosis. Das **R** ist die Energiedosis einer ionisierenden Strahlung, die der Masse 1 kg eines bestrahlten Stoffes die Energie 10^{-2} J (Joule) unmittelbar oder mittelbar zuführt. $1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 10^3 \text{ erg/g}$.

Radar [Abk. für englisch Radio Detecting and Ranging „Auffinden durch Funk und Entfernungsmessung“] (Tafeln 50 und 11), ein Verfahren zum Auffinden und zur Positionsbestimmung von festen und bewegten Objekten, das auf der Reflexion elektromagnetischer Wellen beruht. Das Verfahren nutzt die Eigenschaft elektromagnetischer Wellen aus, sich im freien Raum mit konstanter Geschwindigkeit und geradlinig auszubreiten. Da diese Ausbreitung auch bei Dunkelheit und schlechter Witterung erfolgt, arbeiten **Radargeräte** (früher **Funkmeßgeräte** genannt) unabhängig von den jeweiligen Sichtverhältnissen. Hauptaufgabe der **Radartechnik** (früher **Funkmeßtechnik** genannt) ist es daher, optisch nicht sichtbare Objekte festzustellen und zu orten.

Allgemein unterscheidet man einerseits zwischen Primär- und Sekundär-Radar, andererseits zwischen Impuls-Radar- und CW-Radar.

1) **Primär-Radar**. a) Grundlagen. Beim Primär-Radar wird von dem Ortungsobjekt (Zielobjekt) ein Teil der ausgestrahlten Energie wieder zurückgestrahlt und von der Empfangsantenne aufgenommen. Da sich in diesem Fall bei der Ortung das Objekt völlig passiv verhält,



Querkeil

stellt dieses Verfahren eine passive Rückstrahlung dar. Zur Erfassung und Ortung von Objekten werden Radargeräte verwendet, die mit Impulsen arbeiten; man spricht daher auch von **Primär-Impuls-Radar**. Eine Primär-Radar-Anlage besteht aus Sender und Empfänger, Sendeantenne und Empfangsantenne (bei den meisten Radaranlagen wird für Senden und Empfangen eine gemeinsame Antenne benutzt), Auswerte- und Sichtgerät. Die Antennen besitzen eine hohe Richtwirkung, d. h., sie strahlen bevorzugt in eine Richtung und empfangen bevorzugt aus einer Richtung. Die von der Sendeantenne abgestrahlte Welle breitet sich nahezu geradlinig mit Lichtgeschwindigkeit ($c = 299\,793\text{ km/s}$) aus und wird von den Objekten (z. B. Luftfahrzeuge, Schiffe, Küsten, Berge, Bauwerke), auf die sie auftrifft, z. T. absorbiert und z. T. reflektiert. Die Intensität der Reflexion zeigt charakteristische Unterschiede, die von der stofflichen Beschaffenheit der Objekte (z. B. Metall, Stein, Holz, Wasser) und von deren Abmessungen und Form abhängen. Der reflektierte Anteil der Welle, das *Echo*, wird von der Empfangsantenne aufgenommen und im Empfänger ausreichend verstärkt. Die Differenz zwischen dem Zeitpunkt der Ausstrahlung des Sendesignals und dem Zeitpunkt des Empfangs des Echos wird gemessen. Das Produkt aus dieser Zeitdifferenz und der Ausbreitungsgeschwindigkeit c ergibt die doppelte Entfernung vom Radargerät bis zum Zielobjekt (doppelte Entfernung deshalb, weil die Welle den Weg hin- und zurücklaufen muß). Die Messung der Zeitdifferenz und die Berechnung der Entfernung erfolgen elektronisch. Die Messung kann auch visuell mit Eichmarken auf dem Schirm der Braunschen Röhre eines Sichtgerätes vorgenommen werden. Da nur ein Echo empfangen werden kann, wenn das Zielobjekt von der Sendeantenne angestrahlt wird und die Empfangsantenne genau auf das betreffende Zielobjekt gerichtet ist, gibt die Achse der Empfangsantenne die Richtung zum reflektierenden Zielobjekt an. Damit ist es möglich, sowohl das Azimut (Winkel in der Horizontalebene) als auch den Elevationswinkel (Winkel in der Vertikalebene) zu bestimmen.

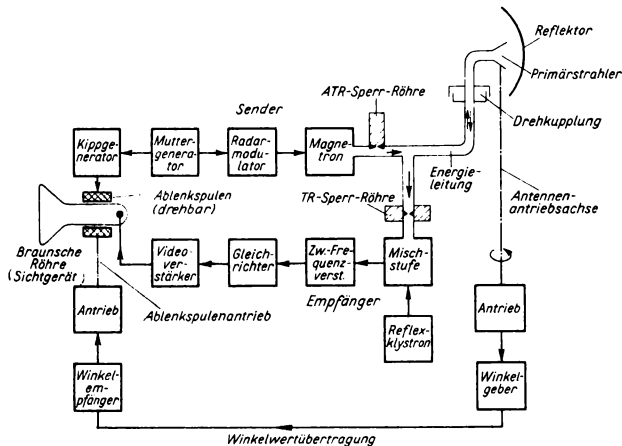
Die *Wellenlängen* liegen je nach Verwendungszweck des R.s meist zwischen 30 cm (Frequenz 1000 MHz) und 8 mm (Frequenz 37 500 MHz). Ausschlaggebend für die Wahl der Wellenlänge sind gewünschte Reichweite und Auflösung. Je kürzer die Wellenlänge ist, desto mehr nähern sich die Ausbreitungserscheinungen den optischen Verhältnissen. Bei Wellenlängen unterhalb 5 cm macht sich die Dämpfung durch Regen und Schnee störend bemerkbar; diese Dämpfung nimmt mit abnehmender Wellenlänge zu. Bei einer Wellenlänge von 5 mm tritt durch den Sauerstoff der Atmosphäre ein Maximum der Dämpfung auf, bei 13,5 mm verursacht der atmosphärische Wasserdampf ein Dämpfungsmaximum. Die Ausbreitungsverhältnisse sind somit bei größerer Wellenlänge günstiger, d. h., die Reichweite ist größer. Andererseits ist die mit einer bestimmten Antennengröße erreichbare Richtwirkung, d. h. die Bündelung, um so größer, je kleiner die Wellenlänge ist. Von der Richtwirkung der Antenne hängt die erreichbare *Auflösung* ab, d. h. die Möglichkeit der Unterscheidung zweier benachbarter Zielobjekte, sowie die Genauigkeit bei der Bestimmung der Richtung, in der sich das Zielobjekt befindet. Es gibt daher keine für alle Anwendungsfälle geltende günstigste Wellenlänge, vielmehr muß sie je nach der Aufgabe der Radaranlage gewählt werden. Die Wellenbereiche sind in der Radartechnik mit Buchstaben gekennzeichnet, z. B. unterscheidet man S-Band (Wellenlänge 5,8 bis 19 cm), X-Band (2,75 bis 5,7 cm) und K-Band (0,83 bis 2,74 cm).

Größe und Form der *Antenne* sind von dem Verwendungszweck der Radaranlage abhängig. Die Richtwirkung in einer Ebene wird von der Ausdehnung der Antenne in dieser Ebene bestimmt. Deshalb sind Antennen von Radargeräten der Schifffahrt, die nur Zielobjekte in der Horizontalebene erfassen sollen, in der Horizontalen sehr lang, in der Vertikalen sehr kurz. In der Luftfahrt wird die Richtwirkung ebenfalls bevorzugt in der Horizontalebene benötigt, es erfolgt jedoch zusätzlich auch eine gewisse Bündelung in der Vertikalen, um insgesamt eine größere Leistung in eine Richtung abzustrahlen. Antennen für Radargeräte der Luftfahrt sind daher nicht so schmal wie die der Schifffahrt, sondern ihre Form nähert sich mehr einem Rechteck mit dem Seitenverhältnis 1:2 bis 1:4. Die Richtwirkung einer Antenne wird mit dem Winkel angegeben, innerhalb dessen die Hauptstrahlung erfolgt. Praktisch liegen die Winkel zwischen $0,25^\circ$ und 5° . An Antennenformen (\rightarrow Antenne) werden bevorzugt Flächenantennen angewendet, d. s. z. B. Antennen, die aus Erreger (auch Primärstrahler genannt) und einem Spiegel bestehen, der die Form eines Paraboloids oder eines Ausschnittes aus einem Paraboloid besitzt. Als Erreger dienen kleine Dipolantennen, Trichter- oder Hornstrahler sowie Schlitzstrahler. Neuerdings wird in Bordanlagen auf Schiffen auch die *Schlitzantenne* verwendet.

b) Funktionsprinzip (Abb. 1). Beim Primär-Impuls-Radar werden über eine Antenne mit hoher Richtwirkung kurzzeitig, d. h. impulsförmig, elektromagnetische Wellen ausgestrahlt. Der Sender wird dazu periodisch kurzzeitig eingeschaltet, anschließend tritt jeweils eine längere Pause ein. Während dieser Pause steht die Anlage zum Empfang der Echosignale bereit. Das Verhältnis von Sendezeit, d. h. Impulsdauer, zu der gesamten Zeit, die vom Beginn des Sendepulses bis zum Beginn des nächsten Sendepulses verstreicht, wird *Tastverhältnis* genannt. Der Zyklus wiederholt sich entsprechend der Impulsfolgefrequenz mehrere hundertmal in der Sekunde. Die Impulsdauer liegt je nach Aufgabe des Radargerätes zwischen 0,05 und $5\text{ }\mu\text{s}$ (Mikrosekunde), die Impulsfolgefrequenz zwischen 200 und 2000 Hz (Hertz). Das Tastverhältnis liegt in der Größenordnung von 1:1000 bis 1:10000. Eine Sender-Endstufe mit einer mittleren Leistung von 1 kW ist daher in der Lage, eine kurzzeitige Impulsleistung von 1000 bis 10000 kW abzugeben.

Die Impulse werden durch einen Muttergenerator ausgelöst, der auch die Auslöseimpulse für den Kippgenerator zur synchronen Zeitablenkung des Elektronenstrahls der Braunschen Röhre des Sichtgerätes (s. Abschnitt d) liefert. Die Sendeleistung wird bei Impuls-Radargeräten meist in einem Magnetron erzeugt, einer selbstschwingenden Elektronenröhre, deren Wirkung auf Laufzeiteffekten beruht. Die Steuerung (Tastung) des Magnetrons erfolgt durch einen Modulator, der aus einem Energiespeicher und einer Schaltzröhre besteht. Als Energiespeicher dienen im allgemeinen die Kapazitäten von speziellen Netzwerken und Leitungen. Als Schalter- oder Taströhre wird heutzutage das Thyatron bevorzugt, z. T. verwendet man wegen der günstigeren Schaltzeiten auch Elektronenröhren (Trioden und Tetroden). Länge und Form des Impulses werden von dem Netzwerk oder der Leitung im Radarmodulator bestimmt. Die zu verwendende Impulsfolgefrequenz ist abhängig von der gewünschten Reichweite der Radaranlage sowie von der Antennendrehzahl und der Richtwirkung der Antenne. Bei einer Impulsfolgefrequenz von z. B. 1000 Hz werden im Abstand von 1 ms (Millisekunde) Impulse ausgestrahlt, und mit gleichem Abstand treffen Echos

von einem Zielobjekt ein. Die Zeit von 1 ms entspricht für Hin- und Rücklauf einer Entfernung von 150 km. Die von einem Zielobjekt in einer Entfernung von 150 km reflektierten Impulse treffen also im Empfänger zu der gleichen Zeit ein, da der nächste Sendepuls gerade abgestrahlt wird. Für Zielobjekte, die noch weiter entfernt sind, treten dann Doppeldeutigkeiten auf. Somit gibt die Impulsfolgefrequenz die maximale Entfernung an, bei der noch eindeutige Entfernungsmeßergebnisse zu erhalten sind. Für Weitbereich-Radar (für Entfernungen ≥ 200 km) sind deshalb Impulsfolgefrequenzen bis herab zu 200 Hz üblich, dagegen arbeitet z. B. das für sehr kleine Entfernungen bestimmte Rollfeld-Radar mit Impulsfolgefrequenzen bis zu 5000 Hz.



1 Funktionsprinzip des Primär-Impuls-Radars

Die von dem Zielobjekt reflektierte elektromagnetische Welle hat eine Leistung, die von der Sendeleistung, der Entfernung und der Größe des Objektes abhängt. Die am Empfängereingang ankommende Leistung kann sehr gering sein und in der Größenordnung von 10^{-14} W liegen. Es muß deshalb zur Verstärkung dieser schwachen Signale im Empfänger das gleiche Prinzip angewendet werden wie in jedem Rundfunk- und Fernsehempfänger, d. h. die Umsetzung der Frequenz des empfangenen Signals in eine wesentlich niedrigere Zwischenfrequenz, bei der die erforderliche Verstärkung ohne Schwierigkeiten erreichbar ist. Die Frequenzumsetzung, auch als *Mischung* oder *Überlagerung* bezeichnet, erfolgt mit einer Halbleiterdiode, der Empfänger-mischdiode. Die für die Umsetzung erforderliche hochfrequente Leistung wird bei den meisten handelsüblichen Geräten von einem Reflexklystron (\rightarrow Triftröhre) geliefert, d. h. einer Laufzeitröhre, die sich durch einfachen Aufbau auszeichnet. Moderne Radargeräte besitzen einen mit Halbleiterbauelementen, z. B. Varaktor- oder Kapazitätsdioden, bestückten Generator. Sie weisen bei hoher Zuverlässigkeit und hoher Lebensdauererwartung den Vorteil auf, daß sie praktisch wartungslos arbeiten. Die Zwischenfrequenz liegt üblicherweise zwischen 30 und 60 MHz. Am Ausgang des Zwischenfrequenzverstärkers befindet sich ein Gleichrichter, der das Videosignal liefert; dieses wird dem Auswertegerät oder dem Sichtgerät zugeführt.

Die technische Entwicklung geht dahin, am Eingang des Radarempfängers einen rauscharmen Vorverstärker einzusetzen, um eine höhere Empfängerempfindlichkeit und damit eine größere Reichweite zu erzielen. Mit parametrischen Verstärkern läßt sich die Reichweite von Radar-

geräten um etwa 50 % erhöhen. Mit dem besonders rauscharmen \rightarrow Maser (Molekularverstärker) läßt sich die Reichweite von Radaranlagen, die für die Raumflugtechnik bestimmt sind, auf ein Mehrfaches gegenüber Anlagen ohne rauscharme Vorverstärker erhöhen.

Für Senden und Empfang verwenden die meisten Radargeräte die gleiche Antenne. Der Sendepuls hat je nach Art und Aufgabe des Radargerätes eine Leistung von 10 kW bis zu einigen 1000 kW. Der größte Teil der eingesetzten Radargeräte arbeitet mit einer Impulsleistung von etwa 500 kW. Gegenüber einer minimalen Empfangsleistung des Echosignals von 10^{-14} W ist das ein Leistungsunterschied von $5 \cdot 10^{10}$. Bei Verwendung einer gemeinsamen Antenne muß dafür gesorgt werden, daß der starke Sendepuls nicht direkt auf den Empfängereingang gelangt. Andererseits muß verhindert werden, daß die ohnehin schon geringe Leistung des Echosignals zum Teil in den Sender läuft. Die erforderliche gegenseitige Trennung wird von einer zwischen Gerät und Antenne liegenden Sende-Empfangs-Weiche, dem *Duplexer* (lat. duplex, zweifach!), erreicht. Am häufigsten findet der Abzweigduplexer Verwendung. Er besteht aus einer Leitungsanordnung, die Transformationseigenschaften besitzt und zwei Sperr-Röhren enthält (früher Nulloden genannt). Diese Röhren enthalten eine Gasentladungsstrecke, die während des Sendepulses zündet und einen Kurzschluß bewirkt. Die Sperr-Röhre kann in Reihe mit einer Energieleitung (ATR-Röhre) liegen oder parallel dazu (TR-Röhre). Bei Reihenschaltung ist die Leitung bei gezündeter Sperr-Röhre durchgängig, bei Parallelschaltung ist sie dagegen gesperrt.

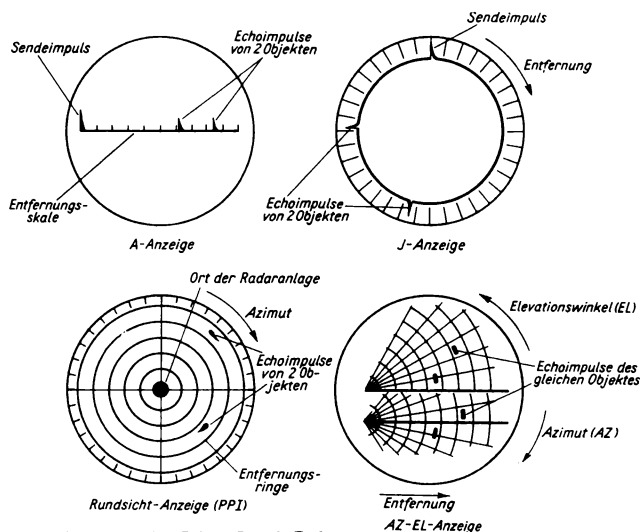
c) Auswertegerät zur Entfernungsmessung. Die elektronische Entfernungsmessung beim Impuls-Radar beruht auf der elektronischen Bestimmung der Impulslaufzeit, d. i. die Zeitdifferenz zwischen Abstrahlung des Sendepulses und Empfang des zugehörigen Echoimpulses. Infolge der großen Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle sind die Laufzeiten so gering, daß eine Messung mit mechanisch arbeitenden Zeitmessern nicht möglich ist. Für eine Entfernung von 150 m ist die Laufzeit für Hin- und Rücklauf gleich 1 μ s. Die elektronische Entfernungsmessung beruht auf der Erzeugung von *Zeittoren* (Impulse, die zur Öffnung von zuvor gesperrten elektronischen Schaltern dienen), die sich mit großer Genauigkeit zeitlich verschieben und einbar einstellen lassen. Die Nullmarke dieser Zeittore ist der Moment der Abstrahlung des Sendepulses. Das Zeittor wird automatisch so lange verschoben, bis es mit dem Eintreffen des Echoimpulses zusammenfällt. Mit derartigen Auswertegeräten lassen sich Entfernungen im Bereich von einigen km bis zu 300 km mit einer Genauigkeit von ± 200 m messen. Die Angabe der gemessenen Entfernung erfolgt in Ziffern, es liegt also eine digitale Anzeige vor.

d) Sichtgerät. Die elektronische Entfernungsmessung mit digitaler Anzeige ist, wenn sich gleichzeitig mehrere Ziele im Erfassungsbereich befinden, nur bedingt anwendbar. Es wird deshalb die bildliche Anzeige der Echoimpulse auf dem Bildschirm einer Braunschen Röhre gewählt. Diese Darstellungsart eignet sich für viele Aufgaben besser als die digitale Anzeige. Für die Entfernungsmessung wird der Elektronenstrahl der Braunschen Röhre im Moment der Abstrahlung des Sendepulses vom Nullpunkt aus mit konstanter Geschwindigkeit über den Bildschirm abgelenkt. Die konstante Geschwindigkeit der Ablenkung ist durch eine in Abhängigkeit von der Zeit linear zunehmende Spannung (Kippspannung) gewährleistet. Die Auslösung der Ablenkung erfolgt durch den Muttergenerator (zentraler Generator), der über

den Modulator auch den Sendepuls auslöst. Mit den empfangenen Echoimpulsen wird entweder eine seitliche Auslenkung des Strahls („Zacke“) oder eine Aufhellung des Strahles (Hellsteuerung) bewirkt. Der Abstand des Echozeichens auf dem Bildschirm vom Sendepuls (Nullpunkt) ist proportional der Laufzeit und somit proportional der Entfernung zum Zielobjekt. Die Skala auf dem Bildschirm kann direkt in km geeicht werden. Durch Änderung der Ablenkgeschwindigkeit des Elektronenstrahls läßt sich der Abbildungsmaßstab auf dem Bildschirm verändern.

e) Anzeigearten. Je nach dem Verwendungszweck einer Radaranlage gibt es verschiedene Anzeigearten. Dabei ist zwischen ein- und zweidimensionalen sowie pseudo-dreidimensionalen und echten dreidimensionalen Darstellungen zu unterscheiden. Die Darstellungsarten führen Buchstaben, die international eingeführt sind. Eindimensionale Darstellungen werden bevorzugt im Zielverfolgungsradar angewendet. Die eindimensionale *A-Anzeige* (Abb. 2) dient vor allem der Angabe der Entfernung von Einzelzielen in einer bestimmten Richtung. Der Elektronenstrahl läuft horizontal über den Bildschirm, und die Echoimpulse werden als vertikale Auslenkung angezeigt. Ebenfalls eindimensional ist die *J-Anzeige* (Abb. 2), bei der zur Erhöhung der Ablesegenauigkeit der Elektronenstrahl in einer Kreisbahn läuft. Die Echoimpulse bewirken eine radiale Auslenkung. Zweidimensionale Darstellungen werden in der Praxis bevorzugt, da sie anschaulich sind und die natürliche Aufzeichnungsart auf einer Fläche darstellen; außerdem liefern die meisten Radargeräte zweidimensionale Informationen. Bei allen zweidimensionalen Darstellungen erfolgt die Wiedergabe der Echoimpulse durch Hellsteuerung. Das Zielobjekt erscheint somit als Punkt oder als kurzer Strich. Die *B-Anzeige*, *C-Anzeige* und *E-Anzeige* haben rechtwinklige Koordinaten, die paarweise Entfernung, Azimut und Elevationswinkel (Höhenwinkel) ausdrücken. Die anschaulichste Darstellung ist die *Rundsicht-Anzeige* oder *PPI* (Abk. für englisch Plan Position Indication), die beim Rundsicht-Radar (Abschn. g) zur Anwendung kommt (Abb. 2). Beim Rundsicht-Radar dreht sich die Antenne mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit und tastet somit periodisch die gesamte Horizontalebene ab. Über eine Winkelwertübertragung dreht sich das Ablenkspulensystem der Braunschen Röhre synchron mit der Antenne. Außerdem wird der Elektronenstrahl der Braunschen Röhre radial abgelenkt. Die Ablenkung beginnt jeweils in dem Moment, in dem der Sendepuls abgestrahlt wird. Der Echoimpuls erscheint als Punkt oder kurzer tangentialer Strich, dessen Stärke der Impulsdauer und dessen Länge der Breite des von der Antenne erzeugten Strahls entsprechen. Der Abstand vom Nullpunkt auf der Braunschen Röhre bis zu der Stelle, an der das Echosignal erscheint, gibt die Entfernung an; der Winkel auf dem Bildschirm gibt die Richtung zum Zielobjekt in der Horizontalebene (Azimut) an. Durch die ständige Rotation der Antenne und die periodische Ablenkung des Elektronenstrahls erscheint auf dem Bildschirm ein kartenähnliches Bild der Umgebung. Linien konstanten Abstandes um den Standort der Radaranlage erscheinen auf dem Bildschirm als Kreise. Sie werden elektronisch erzeugt und stellen Eichlinien dar, mit denen sich die Entfernung ablesen läßt (Entfernungsringe). Mit elektronischen oder optischen Mitteln können auch Hilfslinien, Markierungen, Ziffern usw. eingeblendet werden. Dreidimensionale Darstellungen: Mit zwei voneinander unabhängigen Darstellungen auf einem Bildschirm lassen sich 3 Dimensionen zur Anzeige bringen, indem z. B.

das eine Teilbild die Entfernung in Abhängigkeit vom Azimut (AZ), das andere Teilbild die Entfernung in Abhängigkeit vom Elevationswinkel (EL) darstellt (*AZ-EL-Anzeige*, Abb. 2). Diese Darstellungsart ist pseudo-dreidimensional. Eine echte dreidimensionale Darstellung ist z. B. mit einem rotierenden Spiegel möglich; eine praktische Anwendung dieses Verfahrens erfolgte bisher nicht.



2 Anzeigearten beim Primär-Impuls-Radar

f) Zusatzeinrichtungen. Bei Anlagen für die Luftraumüberwachung verdecken Objekte, die sich in der Umgebung befinden (z. B. Geländeerhebungen, hoher Wald, hohe Gebäude), oft die gesuchten, in größerer Höhe fliegenden Luftfahrzeuge. Um das zu verhindern, verwendet man Einrichtungen zur *Festzeichenunterdrückung* (im Englischen MTI, Abk. für Moving Target Indication, 'Anzeige bewegter Objekte'). Durch den Doppler-Effekt treten Frequenz- bzw. Phasenunterschiede zwischen den Echoimpulsen von festen und denen von relativ bewegten Objekten auf. Durch Kompensationsschaltungen wird erreicht, daß nur Echoimpulse von bewegten Objekten, z. B. von Luftfahrzeugen, abgebildet werden, jedoch nicht Echoimpulse von festen Objekten.

Besonders störend sind Echozeichen, die von Regentropfen, Schneeflocken und Hagelkörnern herrühren und unter Umständen zu einer völligen Aufhellung des Bildschirms führen. Eine wesentliche Verminderung derartiger Echos läßt sich durch Anwendung der *Zirkularpolarisation* der abgestrahlten Welle erreichen. Dabei wird von der Tatsache ausgegangen, daß Niederschlagsteilchen meist rund sind, Luftfahrzeuge und Schiffe dagegen unsymmetrische Form besitzen.

Bei der allgemein üblichen Darstellung der Echoimpulse auf dem Bildschirm bleibt die Anzeige des Beobachterstandpunktes stets an der gleichen Stelle des Bildes, z. B. in der Mitte. Bewegt sich z. B. das Schiff, auf dem sich das Radargerät befindet, so verändern nicht nur die beweglichen, sondern auch die festen Objekte fortwährend ihre Position in bezug auf den Beobachter. Die Echosignale der festen Objekte wandern auf dem Bildschirm in umgekehrter Bewegungsrichtung am Beobachter vorbei und lassen sich dann nicht von den beweglichen Objekten unterscheiden. Diese Nachteile vermeidet die *Absolutbewegungs-Anzeige* (englisch True Motion, 'wahre Bewegung'), bei der während der Fahrt

die absolute Bewegung aller Objekte richtig dargestellt wird. Festziele verharren in ihrer Anfangsposition, Beobachter und Objekte bewegen sich mit dem absoluten Kurs auf dem Schirm des Sichtgerätes. In der Praxis hat sich für ein Radargerät mit dieser Einrichtung die Bezeichnung **Kurs-Radar** eingebürgert; es bringt für die Navigation und den Kollisionsschutz in der Schifffahrt erhebliche Vorteile.

Radar-Speicherröhren werden verwendet, um den Frequenzumfang eines Radarvideosignals zu reduzieren. Dies erfolgt durch Verringerung der Abtastgeschwindigkeit. Damit läßt sich ohne Informationsverlust die Fernübertragung von Radarsignalen mit geringerem Aufwand durchführen. Radar-Speicherröhren werden außerdem zur Verzögerung von Radar-Videosignalen für die Festzeichenunterdrückung eingesetzt sowie zur Entstörung von Radarsignalen durch Addition der synchronen Videoimpulse.

Das **Einblendverfahren** (englisch Interscan) dient dazu, mit elektronischen Mitteln Linien, Punkte und Marken in das Rundsichtbild einzuschreiben. Der Schreibvorgang muß zur Erzielung eines flimmerfreien Bildes mindestens 20mal je Sekunde wiederholt werden.

g) Anwendung und Gerätetypen von Primär-Impuls-Radar. Das **Rundsicht-Radar (Überwachungs-Radar)** hat die Aufgabe, Räume oder Flächen durch periodisches Abtasten des Raumes bzw. periodisches Abtasten der Fläche zu überwachen, indem die Antenne um die vertikale Achse (Abtastung der Horizontalebene) oder um die horizontale Achse (Abtastung der Vertikalebene) gedreht wird. In der **Luftfahrt** dient das Primär-Impuls-Radar als Bodenanlage zur Erfassung aller in einem bestimmten Umkreis in der Luft befindlichen Luftfahrzeuge und zur Anzeige nach Azimut und Entfernung. Ein Luftfahrt-Rundsicht-Radar für die Überwachung der Flughafenumgebung z. B. hat etwa folgende Kennwerte: Radiofrequenz 2700 bis 2900 MHz, Impulsleistung des Senders 500 kW, Impulsdauer 1 μ s, Impulsfrequenz 1200 Hz, Empfängerbandbreite 2 MHz, Antennenabmessungen 3,00 m \cdot 1,50 m, Bündelung in der Horizontalen 2,5°, Umdrehungen der Antenne 25 U/min. Die nutzbare Reichweite beträgt etwa 100 km gegen mittelgroße Luftfahrzeuge, die Auflösung 1 % des eingestellten Entfernungsbereiches, 2,5° im Azimut, die Genauigkeit 3 % der Entfernung, 1° im Azimut. Mit dem **Rollfeld-Radar (Flughafenüberwachungs-Radar)** soll der Bodenverkehr auf Flugplätzen überwacht werden. Um eine hohe Auflösung zu erreichen, wird der Bereich von 37500 MHz verwendet. Damit ist bei einer Antenne mit einer Breite von etwa 2 m eine Bündelung von 0,3° zu erreichen. Bei einer Impulsbreite von 0,05 μ s ist auch die Entfernungsauflösung sehr gut, so daß sich die im Flughafenbereich befindlichen Luftfahrzeuge nach ihrer Größe unterscheiden lassen.

Das **Höhenmeß-Radar** dient meist zur Ergänzung von Rundsicht-Radaranlagen. Bei seinem Einsatz wird die Antenne zunächst in die Richtung des zu erfassenden Zielobjektes gedreht und dann in einem Höhenwinkelbereich periodisch auf- und abbewegt. Mit dieser „Nickbewegung“ läßt sich ein Sektor innerhalb einer Vertikalebene abtasten und damit der Höhenwinkel (Elevationswinkel) bestimmen.

In Zusammenarbeit mit der Funksprechverbindung Boden-Bord dienen Impuls-Radargeräte dem Anflug und der Landung (\rightarrow Anflug- und Landesysteme).

Das **Präzisions-Anflug-Radar** (abg. **PAR**) hat zwei Antennen, die abwechselnd mit dem Sende-/Empfangsgerät verbunden werden. Die eine Antenne besitzt in der Horizontalebene eine große Bündelung; sie wird in einem begrenzten hori-

zontalen Sektor hin- und hergeschwenkt und liefert das Azimut. Die andere Antenne besitzt in der Vertikalebene eine große Bündelung; sie wird in einem begrenzten vertikalen Sektor hin- und hergeschwenkt und liefert den Elevationswinkel. Einschließlich der gemessenen Entfernung läßt sich damit der Standort des erfaßten Zielobjektes in drei Dimensionen angeben (**3-D-Radar**).

Auch mit dem **V-Antennen-Radar** lassen sich außer Entfernung gleichzeitig Azimut und Elevationswinkel bestimmen. Die Anlage hat zwei um 45° gegeneinander geneigte Antennen. Im Gegensatz zum PAR sind beide Antennen starr miteinander verbunden und rotieren außerdem kontinuierlich. Die Echoimpulse werden zu verschiedenen Zeiten von den beiden Antennen aufgenommen. Die Zeitdifferenz ist proportional dem Elevationswinkel.

Das **Wetter-Radar** dient zur Feststellung von Niederschlägen aller Art und ist speziell zur Ortung von Schlechtwettergebieten, zum Beispiel Gewitter und Hagelunwetter, im Umkreis von etwa 300 km bestimmt. Um ausreichende Reichweiten zu erzielen und andererseits eine möglichst intensive Rückstrahlung von Wassertropfen oder Eispartikeln zu erhalten, werden je nach Verwendungszweck Frequenzen zwischen 3 und 10 GHz (Wellenlängen zwischen 10 cm und 3 cm) gewählt, wobei im wesentlichen eine Wellenlänge von 3,2 cm bevorzugt wird. Beim **Bord-Wetter-Radar**, das in fast allen größeren Verkehrs-Luftfahrzeugen vorhanden ist, befindet sich die Antenne auf einer stabilisierten Plattform in der Rumpfnase des Luftfahrzeuges (Tafel 11) und tastet den vorausliegenden Luftraum ab. Die Stabilisierung ist erforderlich, damit das gewonnene Radarbild (PPI) von der momentanen Fluglage unabhängig ist. Mit der **Iso-Echo-Konturschaltung** lassen sich die Stärke des Niederschlagsgradienten und die Turbulenz näherungsweise bestimmen. Das Bord-Wetter-Radar kann man bei Bedarf auch als Navigationshilfe verwenden, indem die Antenne nach vorn geneigt und ihre Achse zur Erdoberfläche gerichtet wird. Damit lassen sich kontrastreiche Objekte am Boden, z. B. Eisenbahnhöfen, Industrieanlagen, Hochbauten, ermitteln, die der Orientierung dienen.

Zur Bestimmung von Windrichtung und -geschwindigkeit in der Höhe wird in der Meteorologie das **Höhenwind-Radar** benutzt. Die Radarewellen werden von einem Tripelspiegel (optimal rückstreuender metallischer Dreiflächenreflektor), der an einem Spezialballon befestigt ist, reflektiert. Die empfangenen Echos werden automatisch verfolgt und automatisch ausgewertet.

Der **Impuls-Höhenmesser** stellt eine spezielle Ausführung des Primär-Impuls-Radars dar und wird in der Luftfahrt zum Messen großer Höhen verwendet. Von der feststehenden Flugzeugantenne werden senkrecht nach unten Impulse abgestrahlt, die vom Erdboden reflektierten Impulse werden von der Empfangsantenne aufgenommen. Da die Reflexionsfläche in diesem Fall sehr groß ist, kann die Sendeleistung verhältnismäßig gering sein. Die Bestimmung der Laufzeit der Impulse erfolgt elektronisch oder mit der J-Anzeige des Anzeigeapparates.

In der Schifffahrt dient das Rundsicht-Radar in Küstenstationen zur Überwachung von Hafen- und Flußeinfahrten, insbesondere zur Ermittlung des Verkehrsbildes bei unzureichender Sicht. Das Schiff wird auf Grund des Radarbildes über Funksprechverbindung beraten. An die Winkelauflösung werden hohe Forderungen gestellt, um eng benachbarte Zielobjekte noch unterscheiden zu können. Um längere Hafeneinfahrten überwachen zu können, werden mehrere über die Strecke verteilte Radaranlagen (**Radarkette**)

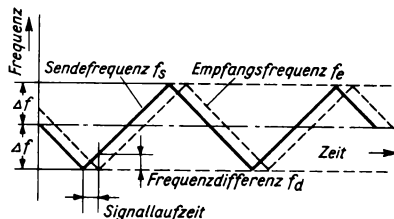
vorgesehen, deren Signale über Richtfunkstrecken oder Kabel einer zentralen Überwachungsstation zugeleitet werden. Radarketten sind z. B. in Le Havre, Rotterdam, Liverpool und für die Elbe bis Hamburg vorhanden; für Warnemünde ist eine Radarkette im Bau. Das Schiffsbord-Rundsicht-Radar soll alle im näheren Umkreis befindlichen Wasserfahrzeuge, Eisberge oder anderen Hindernisse zum Vermeiden von Zusammenstößen bei Nacht oder Nebel erfassen (daher auch **Kollisionsschutz-Radar** genannt.) Zur Unterstützung der Navigation sollen außerdem Küsten, Uferlinien, Brücken, Leuchttürme, Bojen und mit künstlichen Reflektoren ausgerüstete Bojen (Radarbojen) erfaßt werden. Da in der Flußschiffahrt hohe Auflösungen erforderlich sind, werden dafür Radargeräte angewendet, die dem Rollfeld-Radar sehr ähnlich sind und bevorzugt im 38-GHz-Bereich arbeiten.

Eine **Ionosphärenstation** dient zur Bestimmung der Reflexionsfähigkeit der Ionosphäre, um damit die für die Herstellung einer sicheren Kurzwellen-Nachrichtenverbindung erforderlichen Angaben machen zu können (Funkberatung). Die Anlagen arbeiten im Frequenzbereich unterhalb 30 MHz (Kurzwellen). Die Sendeantenne strahlt senkrecht nach oben Impulse ab, die in der Ionosphäre teilweise reflektiert und am Boden wieder empfangen werden. Aus der Laufzeit der Impulse ergibt sich die Höhe der reflektierenden Schicht. Aus der Frequenz- und zeitabhängigen Höhe lassen sich die Ausbreitungsbedingungen voraussagen.

Das **Feuerleit-Radar**, eine spezielle Radaranlage am Boden oder an Bord von Schiffen, dient zum automatischen Richten von Fliegerabwehrgeschützen und Raketenbatterien. Im Gegensatz zum Rundsicht-Radar erfaßt das Feuerleit-Radar nur einen relativ schmalen Bereich. Um eine hohe Genauigkeit zu erreichen, wird meist das Prinzip der konischen Abtastung angewendet (Abb. 3). Die keulenförmige Charakteristik der Antenne mit der Achse A ist gegen die Hauptachse H um den Winkel α geneigt und rotiert um diese. Die Achse A beschreibt somit einen Konus um die Hauptachse H . Mit A_1 und A_2 ist die Achse in den beiden extremen Lagen in der Vertikalebene bezeichnet. Die von einem Zielobjekt reflektierten Impulse haben eine Amplitude, die von der Richtung des Zielobjektes Z gegenüber der Achse A abhängt. Die Amplitude bleibt bei der Rotation konstant, wenn sich das Zielobjekt in Richtung von H befindet. Sie schwankt jedoch während eines Umlaufs (Winkel 0° bis 360°) um so mehr, je größer der Winkel γ ist. Die Amplitudenschwankung ist durch das Feldstärkeverhältnis $E_1 : E_2$ gegeben. Durch eine Regelschaltung wird

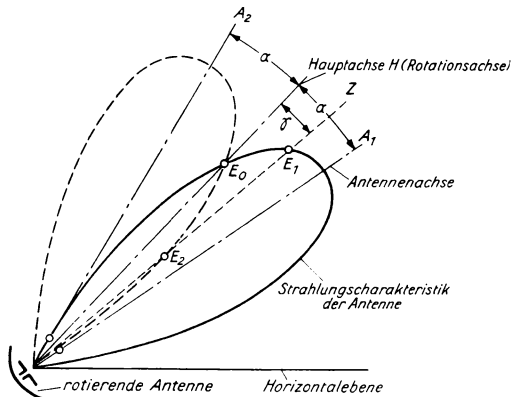
die Antennenanlage mit der Hauptachse H so gedreht, daß H mit der Richtung von Z zusammenfällt. In diesem Fall wird $\gamma = 0$ und $E_1 = E_2 = E_0$. Das Prinzip der konischen Abtastung wird auch zur automatischen Zielverfolgung (**Zielverfolgungs-Radar**) angewendet, indem die auftretende Amplitudenschwankung einer automatischen Steuervorrichtung aufgeschaltet wird.

2) **CW-Radar** oder **Dauerstrich-Radar**. a) Grundlagen. Im CW-Radar (Abk. für englisch Continuous Waves Radar, 'Radar mit kontinuierlichen Wellen') arbeitet der Sender im Gegensatz zum Impuls-Radar nicht mit Impulsen, sondern mit kontinuierlichen Wellen, und die Antenne strahlt konstante Leistung aus. Um mit dem Prinzip der passiven Rückstrahlung ein Zielobjekt orten zu können, muß jedoch eine Unterscheidung zwischen Sende- und Echosignal möglich sein. Beim Impuls-Radar liegt die Unterscheidung in der Zeit, da zwischen Senden und Empfangen infolge des Hin- und Rücklaufs des Impulses eine bestimmte Zeit verfließt. Beim CW-Radar ist dieses Prinzip nicht anwendbar, und es wird statt dessen der hochfrequente Träger, der im Frequenzbereich zwischen 400 und 4000 MHz liegt, in der Frequenz moduliert. Daher bezeichnet man diese Anlage auch als **CW-FM-Radar**. Die Modulation erfolgt meist mit einer symmetrischen Kippspannung (Abb. 4). Die von dem zu ortenden Objekt reflektierte Energie mit der Frequenz f_e wird von der Empfangsantenne aufgenommen und dem Empfängereingang zugeführt; außerdem gelangt infolge der natürlichen Kopplung zwischen Empfänger und Sender ein geringer Teil der Sendeleistung mit der Frequenz f_s ebenfalls zum Eingang des Empfängers. Die Frequenzdifferenz f_d zwischen Sende- und Empfangsfrequenz ist proportional der Signallaufzeit für Hin- und Rücklauf zwischen Radargerät und reflektierendem Objekt, so daß damit eine Entfernungsmessung möglich ist. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die erzielbare verhältnismäßig hohe Genauigkeit, die bei 1 bis 3 m liegt. Mit diesen Geräten können nur die Entfernungen zu einzelnen Objekten bestimmt werden.



4 Frequenzmodulation mit symmetrischer Kippspannung beim CW-FM-Radar

Eine weitere Anwendung hat das CW-Radar zur Messung der Relativgeschwindigkeit gefunden, indem der Doppler-Effekt ausgenutzt wird. Der Sender arbeitet ohne Modulation, so daß von der Sendeantenne eine Welle konstanter Frequenz abgestrahlt wird. Besitzt das Zielobjekt gegenüber dem Standort des Radargerätes eine Geschwindigkeit, d. h., nimmt ihr Abstand zu oder ab, so hat das reflektierte empfangene Signal eine andere Frequenz als das gesendete Signal. Entfernt sich das Objekt, so ist die Frequenz des empfangenen Signals kleiner, nähert sich das Objekt, so ist sie größer als die Sendefrequenz. Die Differenzfrequenz wird als **Doppler-Verschiebung** oder **Doppler-Frequenz** bezeichnet. Die Bestimmung erfolgt im Empfänger durch Mischung der Empfangsfrequenz mit der Sendefrequenz und anschließende Frequenzmessung. Das Instrument oder das Ziffernwerk, das die gemessene Frequenz anzeigt, kann



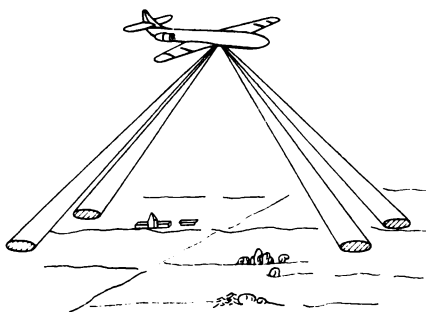
3 Prinzip der konischen Abtastung beim Feuerleit-Radar

direkt in Geschwindigkeitseinheit (z. B. m/s) gezeichnet werden.

b) Funktionsprinzip und Anwendung. Beim CW-FM-Höhenmesser befinden sich im Flugzeug ein Sender und ein Empfänger; die zugehörigen beiden Antennen sind in einem möglichst großen Abstand, z. B. an den Enden der Tragflächen, angebracht. Die von der Sendeanenne in Richtung zum Erdboden abgestrahlte Welle wird z. T. am Erdboden reflektiert und von der Empfangsantenne aufgenommen. Technische Daten eines modernen CW-FM-Höhenmessers: Frequenzbereich 4300 MHz, Frequenzhub wahlweise 10 oder 100 MHz, meßbare Höhe 0 bis 1500 m, systematischer Fehler $\pm 0,3$ m, Höhenmeßfehler $\pm 3\%$, mindestens $\pm 0,3$ m, beides für Höhen bis 150 m.

Das Geschwindigkeits-Verkehrs-Radar wird zur Geschwindigkeitsbestimmung und -kontrolle im Straßenverkehr verwendet. Die Entfernung wird dabei nicht gemessen. Die Funktion des Gerätes beruht auf dem Doppler-Effekt. Die Geräte arbeiten meist im Frequenzbereich von 9000 MHz mit Sendeleistungen von etwa 25 mW. Die gemessenen Geschwindigkeiten werden von einem Ziffernwerk angezeigt. Außerdem ist ein Grenzwertindikator vorgesehen, der anspricht, sobald das betreffende Fahrzeug eine bestimmte, im Gerät einstellbare Geschwindigkeit überschreitet.

Das Doppler-Navigations-Radar ist Bestandteil eines Doppler-Navigators, der eine bodenunabhängige, d. h. bordautonome Navigation (\rightarrow Funkortung) in der Luftfahrt ermöglicht. Wegen der Unabhängigkeit von bodenseitigen technischen Einrichtungen hat der Doppler-Navigator für den Weistreckenverkehr hohe Bedeutung erlangt. Das Doppler-Radar nutzt wie das Geschwindigkeits-Verkehrs-R. den Doppler-Effekt aus. Die von der Sendeanenne des Luftfahrzeuges schräg nach unten ausgestrahlte Welle wird z. T. am Erdboden bzw. an der Wasseroberfläche reflektiert und von der Empfangsantenne aufgenommen. Die Frequenzdifferenz zwischen Sende- und Empfangssignal, die Doppler-Frequenz, wird gemessen; sie ist proportional zur Geschwindigkeit über Grund des Luftfahrzeuges. Außerdem läßt sich mit der verwendeten speziellen Antennenanordnung noch der durch Wind hervorgerufene Abdriftwinkel messen. Die Antennenanlage muß mindestens paarweise zwei scharf gebündelte Strahlen erzeugen, die schräg nach vorn und hinten bzw. schräg seitlich nach links und rechts auf den Erdboden gerichtet sind. Handelsübliche Geräte besitzen z. B. 4 Strahlen, die paarweise zusammenarbeiten (Abb. 5). Mit der gemessenen Geschwindigkeit über Grund, dem Abdriftwinkel und dem Kompaßkurs kann die Position des Luftfahrzeuges berechnet werden. Dazu ist durch zeitliche Integration der Geschwindigkeitskomponenten der zurückgelegte Weg



5 Doppler-Navigations-Radar mit vier Strahlen

zu bestimmen. Mit den Koordinaten des Startortes, die bekannt sein müssen, kann daraus der momentane Standort errechnet werden. Die Geräte arbeiten meist im Frequenzbereich von 8800 MHz mit Sendeleistungen von etwa 1 W. Die Meßunsicherheit bei 15 km Flughöhe über Land oder See beträgt etwa $\pm 0,3\%$ der gemessenen Geschwindigkeit und $\pm 0,25^\circ$ des gemessenen Abdriftwinkels bei einer Wahrscheinlichkeit von 95%.

3) Sekundär-Radar. a) Grundlagen. Beim Sekundär-Radar wird im Gegensatz zum Primär-Radar in dem Ortungsobjekt durch das Auftreffen eines Radarsignals relaisartig eine eigene Sendetätigkeit ausgelöst. Man bezeichnet das als aktive Rückstrahlung und den Ortungsvorgang als aktive Rückstrahlortung. Die im Ortungsobjekt befindliche Anlage, die Radarbake (im Engl. radar beacon, responder beacon, abg. racon), besteht aus einem Empfänger, der die Radarsignale empfängt und auswertet, und aus einem Sender. Kennzeichnend ist, daß vom Ortungsobjekt nur Signale ausgestrahlt werden, wenn sie angefordert („abgefragt“) werden. Sekundär-Rundsicht-Radar-Anlagen (im Englischen Surveillance Secondary Radar, abg. SSR) werden in der Luftfahrt eingesetzt. Die abfragende Station – im Englischen Interrogator – befindet sich in diesem Fall am Boden, die antwortende Station – im Englischen Transponder (Kunstwort aus transmitter ‚Sender‘ und response ‚Antwort‘) – an Bord des Luftfahrzeuges. Das Sekundär-Radar gleicht bezüglich Abfrage und Antwort den Entfernungsmeßsystemen, die ebenfalls mit aktiver Rückstrahlung arbeiten, z. B. DME und TACAN (\rightarrow Funkortung).

b) Funktionsprinzip und Anwendung. Die Antenne der abfragenden Bodenstation des Sekundär-Radars hat normalerweise die charakteristischen Eigenschaften einer Rundsicht-Radar-Antenne. Sie erzeugt einen Fächerstrahl und rotiert gleichförmig. Da sie meist in Verbindung mit einem Primär-Radar (Rundsicht-Radar) betrieben wird, ist sie häufig gemeinsam mit der Primär-Radar-Antenne auf einer Achse befestigt. Die Frequenz für die Abfrage beträgt 1030 MHz. Wegen dieser im Vergleich zu anderen Radargeräten verhältnismäßig niedrigen Frequenz ist die Bündelung der Sekundär-Radar-Antenne meist schlechter als die des Primär-Radars. Als Abfragesignal wird stets ein Doppelpuls abgestrahlt. Je nach Impulsabstand gibt es 4 verschiedene Modi (Modus = Abfrageschlüssel). Die Abstände sind international festgelegt. Bei Modus A beträgt der Abstand 8 μ s, bei Modus B 17 μ s. Die von der Bordstation erteilte Antwort auf der Frequenz 1090 MHz besteht aus zwei Rahmenimpulsen mit festem Abstand und je nach Codierung bis zu 6 dazwischenliegenden Informationsimpulsen. Die Vorteile des Sekundär-Radars sind größere Reichweite (der Bordsender strahlt unabhängig von der Stärke des empfangenen Signals), keine Störungen durch Reflexionen an festen Objekten und Niederschlagspartikeln, Verschlüsselung von Abfrage und Antwort und damit leichte Unterscheidung der einzelnen Verkehrsteilnehmer, Möglichkeit der Datenübertragung. Das Prinzip des Sekundär-Radars wurde zuerst in der Militärflurfahrt zur Identifizierung von „Freund“ und „Feind“ (abg. IFF) verwendet. Jetzt wird es für die zivile Luftfahrt eingesetzt, um zunächst eine Identifizierung der einzelnen Echozeichen auf dem PPI-Schirm des Rundsicht-Primär-Radars zu erreichen. Damit wird die Radarkontrolle wesentlich verbessert. Darüber hinaus ist beabsichtigt, zusätzliche Informationen, z. B. Flughöhe, und andere für die Flugsicherung wichtige Daten zu übermitteln.

Geschichtliches. Die Grundlagen der Radartechnik wurden in einer Zeit geschaffen, in

der die technischen Möglichkeiten für eine praktische Auswertung noch nicht ausreichten. Am weitesten zurück reicht das 1905 erteilte Patent des deutschen Ingenieurs Hülsmeier über „Verfahren, um entfernte metallische Gegenstände mittels elektrischer Wellen einem Beobachter zu melden“; darin wurde auch schon die Abstimmung des Horizonts durch eine langsame Drehung der Antenne vorgesehen. Erst nach 1932 setzte auf Grund der Fortschritte in der Elektronenröhrentechnik in mehreren Ländern fast gleichzeitig eine breite Entwicklung ein.

Lit. Bowen: R., Grundlagen und Anwendung (Berlin 1960); Bopp, Paul, Taeger: Radar, Grundlagen, Anwendungen (2. Aufl. Berlin 1965); Brandt: R. auf der Brücke von Seeschiffen (Hamburg-Altona 1968); Meinke u. Groll: Radar, Physik, Voraussetzungen und technische Anwendung (Stuttgart 1964); Mende: R. in Natur, Wissenschaft und Technik (2. Aufl. München 1968); Uhlig: Leitfaden der Nautik, Bd III, Tl 2: Radar (Berlin 1964); Lehrb. der Funkmeßtechnik (Berlin, Bd 1 1964, Bd 2 1967).

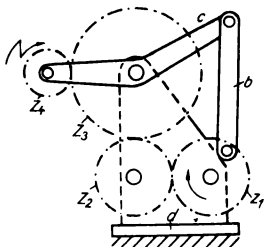
Radarbake, → Radar, Abschn. 3.

Radationschemie, svw. → Strahlenchemie.

Radaufhängung, → Kraftwagen.

Rädergetriebe, ein Getriebe, in dem Zahnräder oder Reibräder, die im ruhenden Gestell oder in einem umlaufenden Steg gelagert sind, miteinander im Eingriff stehen. Die Rädergetriebe werden vorwiegend als Mittel zur zwangsläufigen Änderung der Drehzahl (→ Übersetzung) benutzt. Die Übersetzung ist meist gleichförmig. Periodisch wechselnde Übersetzungsverhältnisse können durch Verwendung von unrunder, z. B. elliptischen Zahnrädern oder von exzentrisch gebohrten Stirnrädern erzielt werden. R. mit feststehendem Steg sind → Standgetriebe, solche mit umlaufendem Steg → Umlaufgetriebe. **Rückkehrende R.**, bei denen Antriebs- und Abtriebsachse in einer Flucht liegen, können zur Herstellung besonders großer Übersetzungen benutzt werden.

Räderkurbelgetriebe (Abb.) sind Kombinationen von Zahnrädern- und Kurbelgetrieben. Sie gestatten große Ungleichförmigkeiten der Umlaufbewegung. Man verwendet Räderkurbelgetriebe z. B. in Textil- und Druckmaschinen als Schaltwerk (→ Sperrgetriebe) und → Pilgerschrittgetriebe.



Räderkurbelgetriebe als Pilgerschrittgetriebe. z_1 Antriebszahnrad (Kurbel), z_2 , z_3 Zahnradstufe, z_4 Abtriebszahnrad, b Pleuellknäuf, c Pleuellstange, d Pleuellbohrung. z_1 - b - c - d Kurbelstange

radial, von einem Mittelpunkt ausgehend oder auf ihn zuführend, strahlenförmig.

Radialbewegung, in der Astronomie die Bewegung eines Gestirns in Richtung der Sichtlinie, d. h. der Linie Beobachter-Gestirn. Sie wird mit Hilfe des Doppler-Effektes ermittelt. Die R. steht senkrecht auf der Eigenbewegung der Gestirne, d. h. ihrer Bewegungskomponente senkrecht zur Linie Beobachter-Gestirn.

Radialdichtung, Simmering, ein Manschettendichting aus Gummi. Er wird hauptsächlich beim Austritt rotierender Wellen aus Flüssigkeits- oder gasgefüllten Gehäusen zu deren Abdichtung benutzt.

Radialmaschine, eine → Strömungsmaschine.

Radialtriangulation, → Bildtriangulation.

Radiant, Kurz. rad, gesetzliche Einheit des ebenen Winkels. Der R. ist der ebene Winkel, für

den das Verhältnis der Längen des zugehörigen Kreisbogens zu seinem Halbmesser gleich 1 ist. $1 \text{ rad} = 57,29578^\circ$ (Altgrad) = $63,66197''$ (Neugrad oder Gon).

Radiator, ein Heizkörper für die Raumheizung (→ Heizung), der aus einzelnen Gliedern besteht, die, durch Nippel mit Rechts- und Linksgewinde verbunden, aneinandergereiht → Heizflächen beliebiger Größe ergeben. R.en werden aus Gußeisen, Stahlblech oder Keramik hergestellt in Höhen von 200 bis 1000 mm und Tiefen von 70 bis 220 mm.

Radierung, → Kupferstechkunst.

Radikal, 1) das Wurzelzeichen $\sqrt{\quad}$, mit dem man die Operation des Wurzelziehens (Radizierens) bezeichnet.

2) das Resultat des Wurzelziehens, d. h. eine Zahl der Form $\sqrt[n]{a}$.

Radikale, 1) ein- oder mehrwertige Atomgruppierungen, die häufig als charakteristischer Bestandteil chemischer Verbindungen auftreten, z. B. die sich von den Kohlenwasserstoffen ableitenden Alkyl- und Arylreste (abg. R).

2) meist instabile Atomgruppierungen mit ungepaarten Elektronen, deren Existenz auf Grund des paramagnetischen Verhaltens nachgewiesen werden kann. Sie entstehen häufig bei photochemischen und thermischen Umsetzungen oder bei Polymerisations- und Kettenreaktionen als kurzlebige Zwischenprodukte und stabilisieren sich häufig durch Dimerisierung oder Vereinigung mit anderen Radikalen, z. B. $2\text{CH}_3 \cdot \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$.

Das Triphenylmethyl $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C} \cdot$ wurde 1900 von M. Gomberg bei der Dissoziation von Hexaphenyläthan als erstes freies Radikal erhalten. Ein bekanntes Stickstoffradikal ist der Diphenylstickstoff $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{N} \cdot$. Die sehr feuchtigkeitsempfindlichen Metallkyle, deren einfachster Vertreter das Benzophenon-Kalium $[(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{C}=\text{O}]^\ominus \text{K}^+$ ist, dienen zur absoluten Trocknung von Lösungsmitteln.

Radikand, die Größe unter dem Wurzelzeichen, z. B. $a + b$ in $\sqrt[n]{a + b}$, d. h. die Zahl, aus der die Wurzel gezogen werden soll.

Radio, → Rundfunktechnik.

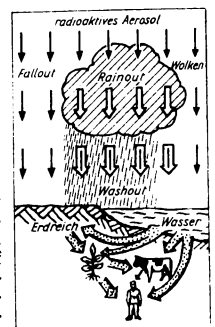
radioaktive Altersbestimmung, svw. → physikalische Altersbestimmung.

radioaktive Isotope, → Radionuklide.

radioaktiver Niederschlag, das Ausfallen von Teilchen aus radioaktiven Aerosolen. Diese entstehen z. B. infolge von Kernwaffenexplosionen, wobei große Mengen Spaltprodukte erzeugt und z. T. mit riesigen Mengen Staub bis in die Stratosphäre hochgeschleudert werden. Das Absetzen fester Sedimente (Staub, radioaktive Asche u. ä.) heißt **Fallout**. Das Ausscheiden der Aerosole über die atmosphärischen Niederschläge (mit der Wolkentröpfchenbildung beginnend) heißt **Rainout**, das durch Anlagerung an fertige Niederschlagsteilchen **Washout**. Rainout hat etwa die 5fache Wirkung des Washout. Der radioaktive N. kann durch den Stoffkreislauf in der Natur zu einer beträchtlichen Konzentrierung langlebiger radioaktiver Nuklide im menschlichen Organismus und damit zu → Strahlenschäden führen.

radioaktive Zeitmessung, svw. → physikalische Altersbestimmung.

Radioaktivität (Tafel 45), die Eigenschaft der Radionuklide, ohne äußere Einflüsse durch Energieabgabe in Form von Strahlung von instabilen Atomen in stabilere Atome überzugehen. Die Energieabgabe erfolgt durch Wellen- oder Korpuskularstrahlung. Man unterscheidet die bei den natürlichen Radionukliden vorkommende natürliche R. von der künstlichen R. als Eigenschaft



radioaktiver Niederschlag



Gefahrensymbol für radioaktive Strahlung

künstlich erzeugter Atomkerne. Durch den radioaktiven Zerfall vollzieht sich eine Umwandlung der Atomkerne, so daß sich die Zahl der Atome der Ausgangssubstanz mit der Zeit verringert. Das *Zerfallsgesetz* besagt: Zur Zeit $t = 0$ sind N_0 Atome einer radioaktiven Ausgangssubstanz vorhanden, zur Zeit $t > 0$ sind es nur noch $N = N_0 e^{-\lambda t}$ Atome, wobei λ = Zerfallskonstante, die den in der Zeiteinheit zerfallenden Bruchteil der vorhandenen Atome angibt; e = Basis des natürlichen Logarithmus ($e = 2,718 \dots$); $1/\lambda$ = mittlere Lebensdauer, in der die Zahl der Atomkerne auf N_0/e abgenommen hat. Die Zeit t , nach der die Zahl der Ausgangsatome N_0 auf die Hälfte abgesunken ist, bezeichnet man als *Halbwertszeit* t_H : $t_H = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln 2 = \frac{0,69315}{\lambda}$. Die Halbwertszeit ist eine für jedes Radionuklid kennzeichnende Größe, auf die Temperatur, Druck oder Verbindung mit anderen Elementen keinen Einfluß haben.

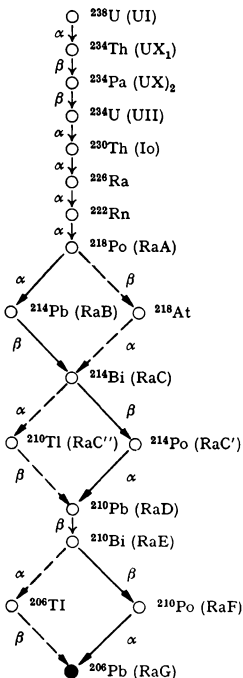
1) *Natürliche R.* In dem Ordnungsbereich von 0 bis 81 ist je ein Nuklid der Elemente Kalium, Vanadin, Rubidium, Indium, Jod, Lanthan, Zerk, Neodym, Samarium, Gadolinium, Lutetium, Hafnium, Tantal, Rhenium und Platin ($^{40}_{18}\text{K}$, $^{50}_{21}\text{V}$, $^{87}_{37}\text{Rb}$, $^{115}_{41}\text{In}$, $^{129}_{53}\text{I}$, $^{138}_{55}\text{La}$, $^{143}_{54}\text{Ce}$, $^{144}_{60}\text{Nd}$, $^{147}_{62}\text{Sm}$, $^{152}_{64}\text{Gd}$, $^{176}_{71}\text{Lu}$, $^{177}_{72}\text{Hf}$, $^{180}_{73}\text{Ta}$, $^{187}_{75}\text{Re}$, $^{190}_{78}\text{Pt}$) schwach radioaktiv. Von der Ordnungszahl 81 an aufwärts weisen alle Elemente natürliche R. auf. Alle Elemente von der Ordnungszahl 84 an sowie Technetium und Promethium besitzen keine stabilen

Die Ausgangsatome verwandeln sich durch Strahlung über zahlreiche Zwischenstufen mit Verastelungen in verschiedene stabile Isotope des Elementes Blei. Die als Zwischenstufen entstehenden radioaktiven Nuklide haben Halbwertszeiten zwischen Bruchteilen von Sekunden und etwa 10^{10} Jahren. — Von den natürlich radioaktiven Stoffen kann → Alphastrahlung, → Betastrahlung und → Gammastrahlung ausgesendet werden.

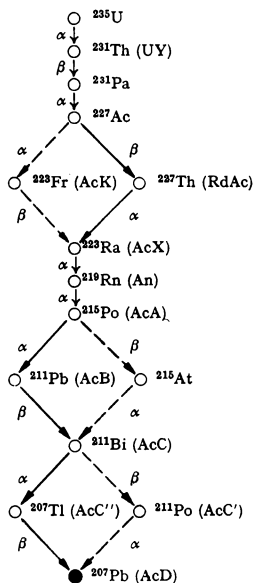
Der Einfluß der Abstrahlung der verschiedenen Strahlungsarten auf die Stellung der Elemente im Periodensystem wird durch die *Verschiebungssätze von Soddy und Fajans* beschrieben. Beim Aussenden von Alphateilchen vermindert sich die Ladung und damit die Ordnungszahl des strahlenden Atoms um 2 Einheiten, während die Massezahl um 4 Einheiten verringert wird, denn Alphateilchen sind Heliumkerne aus 2 Protonen und 2 Neutronen; das Element rückt demnach im Periodensystem um 2 Stellen nach links, z. B. $^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{214}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$ + Energie. Beim Aussenden von Betateilchen (*Betaumwandlung*) erhöht sich die Kernladung und damit die Ordnungszahl um 1, da Betateilchen eine negative Ladung enthalten, z. B. $^{211}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{211}_{83}\text{Bi} + e^-$ + Energie. Die Massezahl bleibt auf Grund der vernachlässigbar kleinen Masse des emittierten Elektrons unverändert. Das Element rückt im Periodensystem um eine Stelle nach rechts. Die Emission von Gammastrahlung hat keinen Einfluß auf Masse- und Ordnungszahl, sondern es

Die radioaktiven Zerfallsreihen

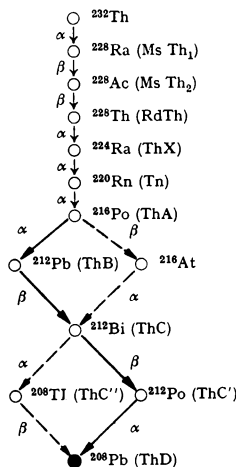
Uran-Radium-Zerfallsreihe



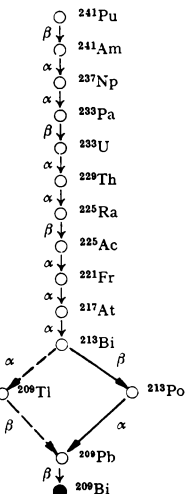
Uran-Aktinium-Zerfallsreihe



Thorium-Zerfallsreihe



Neptunium-Zerfallsreihe



Die Uran-Radium-, die Uran-Aktinium- und die Thorium-Zerfallsreihe sind die Zerfallsreihen der natürlichen Radioaktivität; die Neptunium-Reihe ist die Zerfallsreihe der künstlichen Radioaktivität. Auf dem gestrichelten Wege setzt sich jeweils der kleinere Teil der Kerne um. Die historischen Bezeichnungen sind in Klammern gesetzt.

Nuklide. Sie sind natürlich oder auch künstlich radioaktiv und werden daher oft als *Radioelemente* bezeichnet. Die radioaktiven Nuklide von der Ordnungszahl 81 an können in 3 Zerfallsreihen zusammengefaßt werden. Dabei gehen die Uran-Radium- und die Uran-Aktinium-Zerfallsreihe von je einem Uranisotop aus, während die Thorium-Zerfallsreihe beim Thorium beginnt.

wird nur die Energie des Atomkerns verändert. Die von einem radioaktiven Atomkern emittierten Alphateilchen zeigen ein *Energiespektrum*, das aus definierten Energiewerten besteht. Daraus erklärt sich das Verhalten der Alphateilchen in einem Medium, z. B. in Luft. Emittierte Alphateilchen ionisieren die ihrer Flugbahn benachbarten Atome, verlieren dadurch Energie und

bleiben auf Grund ihrer einheitlichen Austrittsenergie nach einem bestimmten Flugweg stecken, wodurch sie in der Nebelkammer die charakteristischen pinselartigen Bilder geben. Zwischen der Austrittsgeschwindigkeit v und der Reichweite R gilt das *Geigersche Reichweitengesetz*: $R = a \cdot v^b$, wobei a = Konstante. Die *Geiger-Nuttallsche Regel* $\log \lambda = A + B \log R$ stellt den Zusammenhang zwischen der Zerfallskonstanten λ und der Reichweite R der Alphaeilchen dar. A und B sind Konstanten, die je Zerfallsreihe verschiedene Werte annehmen. Diese Regel wurde 1928 von Gamow theoretisch erklärt. — Die natürliche R wird bei der → physikalischen Altersbestimmung ausgenutzt.

2) **Künstliche R .** ist eine Folge künstlicher Kernumwandlungen, bei denen sowohl stabile als auch radioaktive Kerne entstehen, für die ebenfalls das Zerfallsgesetz gilt. Die Halbwertszeiten schwanken innerhalb eines weiten Bereiches. Außer den etwa 50 natürlich vorkommenden Radionukliden kennt man noch etwa 1500 künstlich hergestellte. Die Transurane bestehen nur aus künstlich radioaktiven Nukliden. Der Zerfall eines ihrer Nuklide geht über eine vierte radioaktive Zerfallsreihe vor sich, die **Neptunium-Zerfallsreihe**, die mit einem stabilen Wismutisotop endet. In der Natur kommt sie nicht mehr vor. Im Kernreaktor können heute von jedem Element Radionuklide in meßbaren Mengen hergestellt werden.

Fast alle künstlich radioaktiven Nuklide emittieren Beta- oder Gammastrahlung, die Alphastrahlung ist sehr selten. Häufig tritt Positronenstrahlung auf, die mit einer Neutronenstrahlung verbunden ist. Dadurch wird das neu entstehende Atom im Periodensystem um eine Stelle nach links verschoben. Außerdem kann noch der *K-Einfang* ablaufen. Dabei nimmt der radioaktive Kern ein Elektron der Atomhülle zur Bildung eines Neutrons aus einem Proton auf und erreicht so einen stabilen Zustand. Beide Vorgänge führen zum gleichen Endkern.

Die Quellstärke einer radioaktiven Substanz wird als **Aktivität** bezeichnet. Das Maß für die Aktivität ist die Anzahl der in der Zeiteinheit stattfindenden Kernzerfallsakte (→ transmutationen per second). Die wichtigste Einheit der Aktivität ist das → Curie, eine weitere Einheit das → Rutherford. In der Balneologie (Bäderkunde) werden die Einheiten → Stat, → Mache-Einheit und → Eman verwendet. Die **spezifische Aktivität** ist die auf die Masse- oder Volumeneinheit bezogene Aktivität. Sie wird gewöhnlich in Curie je Gramm oder Curie je Liter angegeben.

Durch radioaktive Strahlung können → Strahlenschäden hervorgerufen werden. Daher müssen beim Umgang mit radioaktiven Substanzen die Maßnahmen zum → Strahlenschutz eingehalten werden. Über die Anwendung der R . → Radionuklide.

Die R . wurde 1896 von Becquerel am Uran entdeckt. 1898 gelang es dem Ehepaar Curie, die Elemente Polonium und Radium aus der Pechblende zu isolieren. Die ersten künstlichen Kernumwandlungen wurden 1919 von Rutherford vorgenommen. Die künstliche R . wurde 1934 von dem Ehepaar Joliot-Curie entdeckt.

Lit. Diebner u. Grassmann: *Künstliche R .* (Leipzig 1939); Hanle: *Künstliche R .* Kernphysikalische Grundlagen und Anwendungen (2. Aufl. Stuttgart 1952); Hevesy u. Paneth: *Lehrb. der R .* (2. Aufl. Leipzig 1931); Weiß: *Radioaktive Standardpräparate* (Berlin 1957); Weißmantel: *Elementare Einführung in die R .* (Leipzig 1961); → Radionuklide, → Kernphysik.

Radioastronomie, ein Teilgebiet der astrophysikalischen Forschung. Es untersucht die Strahlung kosmischer Objekte im Radiofrequenzbereich von etwa 15 MHz (Megahertz) bis 100 000 MHz (Wellenlänge von etwa 3 mm bis 20 m). Zur Beobachtung dienen → Radioteleskope. Radio-

strahlung aus dem Weltall ist sowohl thermischen als auch nichtthermischen Ursprungs, wobei die nichtthermische Strahlung als Plasmawechselwirkung entsteht oder als magnetische Bremsstrahlung (Synchrotronstrahlung) auftritt.

Die Sonne und die Planetenatmosphären sind **Radiostrahler**. Die ständig vorhandene ungestörte Sonnenstrahlung kommt aus der Korona und der Chromosphäre, die gestörte aus kurzzeitig tätigen Eruptionen. Insgesamt ist die → Radiofrequenzstrahlung der Sonne so schwach, daß sie kosmisch gesehen keine Radioquelle ist. Die Strahlung aus den Atmosphären der Planeten entsteht möglicherweise durch elektrische Entladungen analog zu den irdischen Gewittern.

Die Radiofrequenzstrahlung aus dem Milchstraßensystem kann man einteilen in eine mit kontinuierlichem Spektrum und eine, deren Spektrum nur aus einer einzigen Spektrallinie, der 21-cm-Linie des neutralen Wasserstoffs, besteht. Die Beobachtung dieser Linie hat große Bedeutung für die Untersuchung des interstellaren Gases und des Aufbaus des Milchstraßensystems, da die diese Linie aussendenden Gebiete neutralen Wasserstoffs sich längs der Spiralarme eines Sternsystems anordnen. Die Strahlung mit kontinuierlichem Spektrum stammt z. T. aus den Gebieten ionisierten interstellaren Wasserstoffs, sie ist dann thermischen Ursprungs. Zum großen Teil kommt sie wahrscheinlich aber aus den Spiralarmen, wo sie als Synchrotronstrahlung von schnellen Elektronen ausgestrahlt wird, die längs interstellarer Magnetfeldlinien laufen. Daneben existieren einzelne Radioquellen; so machen sich besonders dichte galaktische Emissionsnebel als thermische Strahler bemerkbar. Die stärksten Radioquellen strahlen aber nicht thermisch, z. B. die Überreste früherer Supernovae.

Die extragalaktische Radiofrequenzstrahlung stammt meist von diskreten Radioquellen, von denen einige im optischen Spektralbereich als Sternsysteme identifiziert werden konnten. Neben den normalen Sternsystemen, deren Strahlung im Radiofrequenzgebiet gegenüber der im optischen schwach ist, gibt es noch Radiosternsysteme, deren Radiofrequenzstrahlung sehr intensiv ist. Es kann sich bei diesen Quellen um sich durchdringende Sternsysteme handeln oder auch um Sternsysteme, aus denen Materie mit hoher Geschwindigkeit ausgestoßen wird.

radiocarbon dating, → physikalische Altersbestimmung.

Radiochemie (Tafel 45), ein Teilgebiet der Chemie, in dem mit Radionukliden gearbeitet wird. Man unterscheidet zwischen allgemeiner und angewandter R . Die **allgemeine R .** untersucht das chemische Verhalten von Radionukliden in Mikrokonzentrationen, die chemischen Eigenschaften radioaktiver Elemente sowie die Chemie der heißen Atome und klärt Kernreaktionen auf. In der allgemeinen R . sind zahlreiche Ultramikromethoden entwickelt worden. Chemische Reaktionen führt man in Kapillaren aus, Wägungen erfolgen mit einer Quarzfadenwaage, deren Empfindlichkeit 10^{-8} g beträgt. Die **angewandte R .** befaßt sich vor allem mit der chemischen Anwendung der Radionuklide in der Analytik, Kinetik, Biochemie, Industrie, Landwirtschaft und Medizin, mit der Herstellung, Anreicherung und Abtrennung von Radionukliden, mit der Ausarbeitung von Verfahren zur Synthese von radioaktiv markierten Verbindungen und zur Herstellung radioaktiver Meß- und Standardpräparate sowie mit der Aufbereitung von verbrauchtem Reaktor-brennstoff, radioaktiven Abfällen und Abwässern.

Die Untersuchungsmethoden der R . stützen sich auf die hohe Nachweismempfindlichkeit für radioaktive Nuklide. Mit einem einfachen Gokenzählrohr sind noch $3 \cdot 10^{-10}$ g Radiophosphor

³²P oder $2 \cdot 10^{-9}$ g Radiokohlenstoff ¹⁴C nachzuweisen.

Lit. Herforth u. Koch: Radiophysikalisches und radiochemisches Grundpraktikum (2. Aufl. Berlin 1967); Lindner: Kern- und Radiochemie (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961); Naumann: Allgemeine und angewandte R. (Berlin 1962); Starik: Grundlagen der R. (dtsh Berlin 1962); Ztschr.: Isotopen-Praxis (Berlin); Kernenergie, Ztschr. für Kernforschung und Kerntechnik (Berlin); → Radioaktivität, → Radionuklide.

Radioelemente, → Radioaktivität.

Radiofrequenzstrahlung, kosmische Kurzwellenstrahlung, in der Astronomie die im Wellenlängenbereich der Kurzwellen, der Ultrakurzwellen und Mikrowellen liegende elektromagnetische Strahlung, die von außerirdischen Objekten, den → Radioquellen, ausgesandt wird. Die R. wird mit Hilfe von radioastronomischen Instrumenten, z. B. Radioteleskopen und Interferenzsystemen, empfangen. Das Teilgebiet der Astrophysik, das sich mit der Untersuchung der R. befaßt, ist die → Radioastronomie.

Radioindikator, → Tracer.

Radioisotope, → Radionuklide.

Radiokarbonmethode, → physikalische Altersbestimmung.

Radiokohlenstoffdatierung, → physikalische Altersbestimmung.

Radiokompaß, ein automatischer → Funkpeiler.

Radiolarit, ein Sedimentgestein, das durch diagenetische Verfestigung aus Radiolarienschlamm unter Erhaltung der Fossilien entstanden ist.

Radiometeorologie, ein Teilgebiet der Meteorologie, in dem man mit Hochfrequenzmethoden den Komplexzustand der Atmosphäre untersucht (z. B. Luftmassen, Inversionen). Es wird entweder die Funkausbreitung ortsfester Sender untersucht, oder die Blitzherde in der Atmosphäre werden angepeilt, um Gewitterzellen, die bis 1000 km entfernt sein können, zu orten. Die erste radiometeorologische Messung fiel mit der Entdeckung der Antenne durch Popow 1895 zusammen, der dadurch in der Lage war, mit einem besonderen Gerät, dem Kohärer, Gewitterentladungen zu registrieren.

Lit. Klinker: UKW-Fernempfangsbeobachtungen (Berlin 1956).

Radiometer, ein Strahlungsempfänger nach dem Prinzip der → Lichtmühle. Das Anzeigorgan besteht aus einem leicht beweglichen geschwärtzten Metallflügel in einem Gefäß (meist Glaskolben) mit geringem Luftdruck von etwa 0,1 bis 0,01 Torr. Die Erwärmung des Radiometerflügels bei Bestrahlung teilt sich der umgebenden Luft mit, wobei ein Wärmegefälle und eine kleine Druckdifferenz zwischen bestrahlter und unbestrahlter Seite des Flügels entsteht (**Radiometereffekt**). Das meist an einem feinen Quarzfaden aufgehängte System, das häufig zum Masse-Ausgleich noch einen gleich großen ungeschwärtzten Flügel besitzt, erfährt auf diese Weise eine geringe Drehbewegung bis zum Gleichgewicht mit der Torsionskraft des Aufhängefadens. Der Ablenkungswinkel wird mit einem Fernrohr gemessen, er dient als Maß für den einfallenden Strahlungsfluß.

Radiometrie, umfaßt Verfahren der angewandten Geophysik, bei denen man an bestimmten Stellen der Erdkruste die radioaktive Strahlung mißt, um damit Aufschlüsse über den Bau der Kruste zu gewinnen oder um radioaktive Minerale und Mineralwässer aufzufinden. Radioaktive Strahlungen sind z. B. häufig auf tieferreichende tektonisch gestörte Bereiche der Erdkruste konzentriert. Als Anzeigegeräte verwendet man Ionisationskammer, Zählrohre und Szintillationszähler. Mit hochempfindlichen Szintillationszählern lassen sich auch Messungen vom Flugzeug aus durchführen (**Aeroradiometrie**). Verschiedene radiometrische Verfahren werden auch bei →

Bohrlochmessungen angewandt. Die Untersuchung von Grundwasserströmungen geschieht z. T. mit Hilfe von radioaktiven Tracern.

Lit. Baranow: R. (dtsh Leipzig 1959).

Radionuklide (Tafel 46), instabile Nuklide, die sich unter Aussendung ionisierender Strahlung direkt oder über Zerfallsreihen (→ Radioaktivität) zu stabilen Nukliden umwandeln. R. gleicher Kernladungszahl werden als **radioaktive Isotope** oder **Radioisotope** bezeichnet. Die noch sehr verbreitete Verwendung dieser beiden Begriffe für die Bezeichnung aller R. ist unkorrekt. Von den gegenwärtig bekannten über 1500 R.n kommen etwa 50 in der Natur vor; so sind alle natürlich vorkommenden Nuklide, deren Ordnungszahl größer als 82 ist, radioaktiv, weiterhin z. B. noch Kalium-40 (⁴⁰K), Rubidium-87 (⁸⁷Rb) und Samarium-147 (¹⁴⁷Sm). Der weitaus größere Teil muß jedoch auf künstlichem Wege hergestellt werden. Es ist heute möglich, von jedem Element mindestens ein radioaktives Nuklid zu erzeugen.

Nachweis. Die R. lassen sich auf Grund der von ihnen ausgesandten ionisierenden Strahlung relativ einfach und empfindlich nachweisen. Als Strahlungsdetektoren werden im wesentlichen die Ionisationskammer, das Proportionalzählrohr, das Geiger-Müller-Zählrohr und der Szintillationszähler angewandt, ferner die photographische Emulsion (→ Autoradiographie).

Erzeugung. Die wichtigsten Methoden sind die Bestrahlung von geeigneten stabilen Nukliden mit energiereichen geladenen Teilchen, die aus einem Teilchenbeschleuniger stammen, die Bestrahlung von stabilen Nukliden mit langsamen oder schnellen Neutronen im Kernreaktor und die Kernspaltung (→ Kernreaktionen). Um R. mit der für die verschiedenen Anwendungszwecke erforderlichen Reinheit und spezifischen Aktivität zu erhalten, müssen spezielle Verfahren angewandt werden, z. B. das Ausfällen radioaktiver Salze in Form kristalliner Niederschläge, die fraktionierte Kristallisation und die Ausnutzung des *Szilard-Chalmers-Effekts*. Dieser beruht darauf, daß radioaktive Atome durch den nach Neutronenbeschuß auftretenden Rückstoß aus ihren chemischen Bindungen herausgeschleudert werden und abgetrennt werden können.

Anwendung. Die R. werden auf vielen Gebieten der Naturwissenschaften, in der Medizin, der Land- und Forstwirtschaft sowie in vielen Zweigen der Technik angewandt, und zwar entweder als Radioindikatoren (→ Tracer) oder als Strahlungsquelle. Bei der Anwendung der R. als *Strahlungsquelle* interessiert die Wechselwirkung der ausgesandten ionisierenden Strahlung mit der be- oder durchstrahlten Substanz. Dabei nutzt man aus, daß sich die Eigenschaften der bestrahlten Substanz ändern, daß elektrische Aufladungen beseitigt werden oder daß die auftreffende Strahlung durch die Substanz geschwächt, gestreut oder anderweitig beeinflußt wird, was durch geeignete Strahlungsdetektoren messend verfolgt werden kann. Die R. sind besonders deshalb vorteilhaft als Strahlungsquelle einzusetzen, weil sie keine aufwendigen Anlagen für Hochspannung, Vakuum u. dgl. erfordern wie andere Quellen energiereicher Strahlung, z. B. Röntgenröhren oder Teilchenbeschleuniger. Radioaktive Strahlungsquellen können, da sie klein und kompakt sind und sich relativ leicht transportieren lassen, unmittelbar an die Stelle gebracht werden, wo sich die Untersuchungen am günstigsten durchführen lassen. Allerdings sind die erreichbaren Strahlungsintensitäten bedeutend niedriger als bei Röntgenröhren oder Teilchenbeschleunigern.

R. als Strahlungsquelle werden in der Technik sehr vielseitig angewandt. So kann z. B. mit der harten Gammastrahlung des radioaktiven Kobaltisotops ⁶⁰Co eine Prüfung auch dicker Werk-

stücke vorgenommen werden (\rightarrow Gammadefektoskopie). Gamma- oder Betastrahlung ausstrahlende R. können für Dickenmessungen von Bandmaterial eingesetzt werden. Man stellt dabei mit Zählrohren die Schwächung der Strahlung beim Durchgang durch das Material fest. Die Intensität der Strahlung hinter dem Band kann auch zur Regelung der Banddicke ausgenutzt werden. Die Bestimmung der Dicke von dünnen Überzügen ist durch Messung der Rückstreuung von Betastrahlung möglich. Diese Verfahren zur Dickenmessung sind auch bei kontinuierlichem Betrieb anwendbar und gestatten damit eine automatische Regelung. Trägt man eine R. enthaltende Paste auf eine Werkstoffoberfläche auf, so markieren die nach dem Entfernen der Paste zurückbleibenden R. die Oberflächenunregelmäßigkeiten. Die Strahlungsschwächung oder -streuung der R. wird weiterhin ausgenutzt zur Füllstandsmessung und -regelung in geschlossenen Behältern, zur Kontrolle der feuerfesten Auskleidungen von Ofenwänden, zur Messung der Dichte z. B. von Erdschichten oder geschütteter Kohle, zur Bestimmung des Aschegehaltes der Kohle und des Schwefelgehaltes von flüssigen Mineralölprodukten, zur Rohrwanddickenmessung, zur Bestimmung des Wassergehaltes des Erdbodens u. dgl. Durch Einwirkung der Strahlung von R.n z. B. auf Polyäthylen kann dessen mechanische Festigkeit und Wärmebeständigkeit verbessert werden, bei Kautschuk erfolgt die Vulkanisation zu Weichgummi durch Bestrahlung rascher; Lebensmittel werden steril und damit haltbarer.

In der Medizin werden radioaktive Strahlungsquellen zur Therapie z. B. von Geschwülsten eingesetzt. Neben der Bestrahlung von außen mit Bestrahlungsanlagen (\rightarrow Gammatherapie-einrichtung) oder mit Nadeln (oder ähnlichem), die das radioaktive Nuklid enthalten, ist in einigen Fällen auch eine Bestrahlung bestimmter Organe von innen, durch Einnehmen entsprechender radioaktiver Präparate, möglich. So können z. B. die Basedowsche Krankheit oder der Schilddrüsenkrebs durch Präparate, die das radioaktive Jodisotop ^{131}J enthalten, bekämpft werden, da die Schilddrüse das Jod speichert und demzufolge von innen bestrahlt wird.

Lit. Broda u. Schönfeld: Die technischen Anwendungen der Radioaktivität, Bd I (3. Aufl. Leipzig 1962); Hart: Radioaktive Isotope in der Betriebsmesstechnik (2. Aufl. Berlin 1962); Kulikow u. Popow: Radioaktive Isotope in der Metallurgie (dtisch Berlin 1959); Michejewa u. Michejew: Radioaktive Isotope in der analytischen Chemie (dtisch Berlin 1962); Myslivec: Radioaktive Isotope in der Landwirtschaft (dtisch Berlin 1960); Schmeisser: R. (2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963); Schütte: Radioaktive Isotope in der organischen Chemie und Biochemie (Berlin 1960); Ztschr. Isotopenpraxis (Berlin).

Radioquelle, irreführend oft **Radiostern** genannt, ein eng begrenztes Gebiet am Himmel, das sich durch relativ hohe Strahlung im Radiofrequenzbereich aus der Strahlung der Umgebung heraushebt.

Radiorelaislinie, swv. \rightarrow Richtfunkstrecke.

Radiosextant, ein im Funkfrequenzbereich arbeitendes Gerät zur radioastronomischen Ortung (\rightarrow Funkortung). Der R. gleicht im Prinzip dem im optischen Bereich arbeitenden Astrosextant, es werden jedoch an Stelle der sichtbaren Gestirne Radioquellen angepeilt, deren Strahlung mit funktechnischen Einrichtungen nachgewiesen werden kann. Ein R. besteht aus einer schwenkbaren Antenne mit hoher Richtwirkung und einem empfindlichen Empfänger. Versuchsweise in der Seefahrt eingesetzte Geräte arbeiten im Frequenzbereich von 17 und 35 GHz (Gigahertz).

Radiosonde (Tafel 37), ein Meßgerät der Aerologie, das an einem frei fliegenden, mit Wasser-

stoff gefüllten Ballon aufsteigt und während des Aufstieges die Meßwerte von Luftdruck, Temperatur und relativer Feuchtigkeit auf drahtlosem Wege der Bodenstation ständig meldet. Der Meßteil der R. arbeitet ähnlich wie ein Meteorograph, weist aber an Stelle der Schreibvorrichtung einen Kleinst-Kurzwellensender mit Zwickakkumulator auf. Die Gesamtmasse der R., welche die Größe einer Zigarrenkiste hat, beträgt etwa 600 g. Sie steigt mit einer mittleren Geschwindigkeit von 350 m/min. In durchschnittlich 20 km (maximal 40 km) Höhe platzt der Ballon, wonach ein mitgeführter Fallschirm die mit Findexbrief versehene R. zur Erde zurückbringt. Durch Anpeilen der vom Sender der R. ausgestrahlten elektrischen Wellen oder durch Verfolgen des — in diesem Falle mit Metallfolien versehenen — Ballons mit einem Funkmeßgerät kann man die Flugbahn der R. und daraus den Höhenwind bestimmen. Weiteres \rightarrow Ballon.

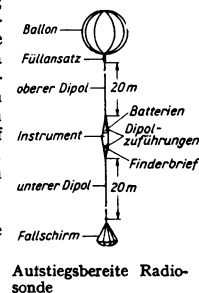
Lit. Beilitz: R.n (Berlin 1955).

Radiosterne, irreführende Bezeichnung für \rightarrow Radioquelle.

Radioteleskop (Tafel 56), ein Instrument zur Beobachtung und Messung von Richtung und Intensität der aus dem Weltall kommenden Strahlung im Wellenlängenbereich von einigen Millimetern bis etwa 20 Meter. Zwei Typen haben sich eingebürgert: ebene Antennensysteme und einfach parabolisch gekrümmte oder als Rotationsparaboloide ausgebildete Hohlspiegel. Wegen der großen Wellenlängen müssen die Dimensionen dieser Empfangssysteme sehr groß sein, wenn eine befriedigende Auflösung erreicht werden soll. Das zur Zeit größte bewegliche R. (Paraboloid) steht in Jodrell Bank bei Manchester; es hat einen Durchmesser von 75 m und eine Auffangfläche von über 4000 m². Das Auflösungsvermögen für 10-cm-Wellen ist 5'. Das größte fest montierte R. befindet sich in Arecibo, Puerto Rico; sein Durchmesser beträgt 300 m und seine Auffangfläche fast 75000 m². Das R. im Heinrich-Hertz-Institut in Adlershof bei Berlin hat eine Antennenfläche von rund 1000 m² und einen Durchmesser von 36 m.

Mittels des Interferometerprinzips kann das Auflösungsvermögen erhöht werden. So wurden mit Interferometeranordnungen, bei denen die beiden benutzten R.e mehr als 100 km entfernt waren, Auflösungsvermögen von 0,4'' erreicht.

Radium, Symbol **Ra**, radioaktives chemisches Element aus der II. Hauptgruppe des Periodensystems, der Erdalkaligruppe, ein Schwermetall; Ordnungszahl 88, Massenzahlen der Isotope 213, 219, 220, 221, 222, 223 (Aktinium X), 224 (Thorium X), 225, 226 (stabilstes Isotop mit einer Halbwertszeit von 1617 Jahren), 227, 228 (Mesothorium I), 229 und 230, Wertigkeit II, D. etwa 6 g cm⁻³, F. etwa 700 °C, Kp. 1140 °C; 1898 von Marie und Pierre Curie im Uranpecherz entdeckt, 1910 von M. Curie rein dargestellt. R. ist ein glänzendweißes Metall, das sich an der Luft sehr schnell mit einer Oxidhaut bedeckt. In seinen chemischen Eigenschaften ähnelt es dem Barium. Alle Isotope des R.s sind radioaktiv und bilden sich als Zwischenprodukte der radioaktiven Zerfallsreihen (\rightarrow Radioaktivität). R. zerfällt selbst unter α - und β -Strahlung in Isotope des Radons. Infolge der starken radioaktiven Strahlung leuchten Radiumpräparate im Dunkeln und zeigen gegenüber ihrer Umgebung erhöhte Temperatur. R. ist eines der seltensten Elemente. Als Zerfallsprodukt des Urans kommt es in Spuren in Uranmineralen (z. B. in Pechblende, Karnottit) vor, auch in Gesteinen, im Meer und in manchen Quellwässern. Nach Aufschließen der Uranminerale mit Soda wird R. unter Zusatz von Bariumsalzen und Schwefelsäure gemeinsam mit Barium in Form schwerlöslicher Sulfate ausgefällt. Nach Überführung



in die Bromide werden beide Verbindungen durch fraktionierte Kristallisation getrennt. Metallisches R. wird aus seinen Lösungen bei der Elektrolyse an Quecksilberkathoden als Amalgam abgeschieden, woraus nach Abdestillation des Quecksilbers das Metall gewonnen wird. Gewöhnlich werden nur Radiumverbindungen, besonders Radiumbromid, hergestellt. Wegen seiner intensiven radioaktiven Strahlung wird R. bei Kernreaktionen und als Strahlungsquelle in der Medizin verwendet (Bestrahlung bei Geschwülsten, Haut- und Drüsenkrankheiten), ferner zur Anregung künstlicher Mutationen, als Quelle korpuskularer Strahlungen in der Physik, für nachleuchtende Zifferblätter an Uhren und Kompassen. Statt des R.s werden heute immer mehr die billiger herstellbaren künstlichen radioaktiven Elemente verwendet, deren Wirkung die des natürlichen R.s meist um ein Vielfaches übertrifft.

Radius, Halbmesser, Zeichen r , der halbe Durchmesser eines Kreises oder einer Kugel. Er ist gleich dem Abstand des Kreismittelpunktes vom Kreismfang bzw. des Kugelmittelpunktes von der Kugeloberfläche.

Radiusvektor, Fahrstrahl, Leitstrahl, Zeichen r , die Verbindungsstrecke eines Kurvenpunktes oder eines bewegten Punktes mit einem festen Zentrum, z. B. bei Kegelschnitten zwischen dem Brennpunkt und einem Punkt des Kegelschnitts.

Radizieren, das Wurzelziehen, \rightarrow Wurzel.

Radkurve, svw. \rightarrow Zykloide.

Radon, Symbol Rn, frühere Bezeichnung **Emanation** oder **Niton**, radioaktives chemisches Element aus der 0. oder VIII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der \rightarrow Edelgase; Ordnungszahl 86, Massenzahlen der Isotope 204, 206 bis 212, 215, 216, 217, 218 (früher Astat-Emanation), 219 (früher Aktinium-Emanation oder Aktinon), 220 (früher Thorium-Emanation oder Thoron), 211, 222 (früher Radium-Emanation, stabilstes Isotop mit einer Halbwertszeit von 3,825 Tagen), Wertigkeit 0, D. 6,97 g cm⁻³ (bezogen auf Sauerstoff = 1), F. -71 °C, Kp. -63 °C, Litengewicht 9,96 g bei 0 °C und 760 Torr; 1900 von Rutherford und Soddy entdeckt. Isotope des R.s sind Zwischenglieder der radioaktiven Zerfallsreihen (\rightarrow Radioaktivität). R. ist chemisch außerordentlich reaktionsträge, in letzter Zeit erhielt man erstmals eine stabile Verbindung, und zwar Radonfluorid RnF₂. Das sehr seltene R. findet sich überall dort, wo Minerale von radioaktiven Elementen anzugetroffen sind, die bei ihrem Zerfall R. bilden, z. B. Uranpecherz. Auch in einigen Quellwässern wurde R. nachgewiesen. R. wird bisher lediglich in der Medizin angewendet, z. B. in der Strahlentherapie.

Radrehwender, \rightarrow Heuvielfachgeräte.

Radsatz, bei Schienenfahrzeugen eine Achswelle, auf der rechts und links die beiden Räder fest aufgezogen sind. Zur Erzielung eines geräuschlosen Laufes werden zuweilen Gummielemente in den Radkörper mit eingebaut (gummigedämpfter Radsatz). Der **Spurwechselradsatz** ist ein in seiner Spurweite durch besondere Vorrichtungen veränderlicher R. Er wird angewendet für Fahrzeuge zum Verkehr zwischen Gebieten mit unterschiedlicher Spurweite, z. B. zwischen Mitteleuropa (Normalspur: Spurweite 1435 mm) und der UdSSR (Breitspur: 1524 mm).

Radschiff, ein Schiff, das durch \rightarrow Schaufelräder fortbewegt wird. Die Schaufelräder sind seitlich mittschiffs (**Seiten-R.**), seltener am Heck angebracht (**Heck-R.**) und werden von einer Dampfmaschine, jetzt auch dieselektrisch (z. B. bei den R.en auf der Oberelbe) angetrieben. R.e sind nur noch auf flachen Binnengewässern zu finden.

Radstand, svw. Achsstand, \rightarrow Achse.

Raffination, Läutern, Bezeichnung für technische Verfahren zur Reinigung und Veredlung von Naturstoffen und technischen Produkten, z. B. von Erdöl, Silber, Gold, Kupfer, Ölen, Sacharose. In der Metallurgie wird die R. durch pyrometallurgische Verfahren – selektive Oxydation (\rightarrow Frischen), Seigerung – oder elektrochemische Verfahren (\rightarrow Elektrolyse) vorgenommen. Auch die \rightarrow Desoxydation ist im weiteren Sinne eine R.

Raffinose, Melitose, Melitriose, C₁₂H₂₂O₁₀, ein aus D-Galaktose, D-Glukose und D-Fruktose aufgebautes Trisaccharid. R. kristallisiert mit 6 Molekülen Kristallwasser (F. 80 °C). Bei Einwirkung von konzentrierten Säuren zerfällt R. in ihre drei Grundbausteine. Sie findet sich in der Zuckerrübe, besonders reichlich in Melasse, sowie im Bienenhonig und Baumwollsaamen. Man verwendet R. als Nährbodenzusatz in der Mikrobiologie.

Rah f, Rahe, ein in Normalstellung querschiffs und waagrecht am Schiffsmast angebrachtes Rundholz (Stange), an dem auf Segelschiffen die **Rahsegel**, auf maschinell angetriebenen Schiffen Flaggleinen, Antennen u. a. befestigt sind.

Rahmen, 1) Statik: ein Tragsystem aus mindestens zwei biegesteif miteinander verbundenen Stäben. Die Stäbe liegen beim ebenen R. in einer Ebene und bilden einen geschlossenen oder offenen Stabzug (geschlossener oder offener R.). Beim offenen R. sind die freien Stabenden im Widerlager festgehalten. Ein R. ist zumeist hochgradig statisch unbestimmt. Eine biegesteife Verbindung, die über mehrere Stockwerke reicht, bezeichnet man als Stockwerkrahmen.

2) Maschinenbau: ein ruhendes Gestell, das die Teile der Maschine und damit die auftretenden veränderlichen Beanspruchungen aufnimmt.

Rainout, \rightarrow radioaktiver Niederschlag.

Rakel f, ein breites dünnes messerartiges Stahlband, das beim Tiefdruck die überschüssige Druckfarbe vom Druckformzylinder abstreift (abrakelt).

Rakete (Tafeln 15, 19, 37), ein Flugkörper mit Strahlantrieb (Rückstoßantrieb, \rightarrow Strahltriebwerk), bei dem alle Voraussetzungen für die Erzeugung des Antriebsstrahls (Strahlmasse und -energie) im Flugkörper selbst gegeben sind (autogener Strahlantrieb). Der Raketenantrieb ist daher auch im Vakuum (Weltraum) wirksam und bildet das einzige Antriebsprinzip für den Raumflug. R.n können auch im irdischen Bereich sehr große Geschwindigkeiten erreichen und Nutzmassen über große Entfernungen transportieren, was ihren Einsatz für militärische Zwecke maßgeblich fördert.

I Physikalische Grundlagen. Für die auf eine R. wirkende Rückstoßkraft, den Schub S , gilt die Beziehung $S = \dot{m} \cdot w_g$; dabei bedeuten \dot{m} die in der Sekunde ausströmende Strahlmasse (Durchsatz) und w_g deren Geschwindigkeit relativ zur R. Als ideale Endgeschwindigkeit v_i einer R. im kräftefreien Raum (keine Gravitation, kein Luftwiderstand) erhält man nach der 1898 von K. E. Ziolkowski aufgestellten Formel $v_i = w_g \cdot \ln (M_0/M_1)$; dabei sind M_0 die Startmasse und M_1 die Masse der R. nach vollständigem Verbrauch der Antriebsmittel (Leermasse). Die tatsächlich erreichte Endgeschwindigkeit, meist als Brennschlußgeschwindigkeit v_B bezeichnet, ist infolge von Verlusten durch Einwirkung der Schwerkraft, des Luftwiderstandes und des speziellen Lenkprogramms in der Aufstiegsbahn stets kleiner als v_i . Durch ein entsprechend optimiertes Antriebsprogramm (Bahnverlauf, Schubregelung) können diese Verluste jedoch auf ein Minimum reduziert werden.

II Einteilung. Nach dem Funktionsprinzip ihrer Triebwerke werden die R.n im allgemeinen eingeteilt in R.n mit chemischen Triebwerken und mit Kernenergie-Triebwerken. Daneben

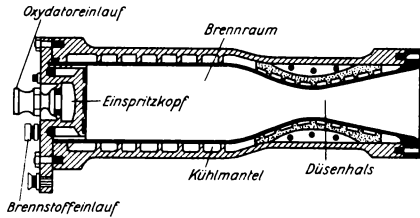
gibt es noch Sonderantriebe mit elektrischen Triebwerken, Heißwasser-Triebwerken und vorläufig noch mehr oder weniger hypothetische Antriebsverfahren durch Pulsantrieb mittels Kernexplosionen sowie durch Photonenstrahlen (Photonenantrieb).

1) In **chemischen Triebwerken** liefert die thermochemische Reaktion einer Treibstoffkombination (Oxydator und Brennstoff, → Raketentreibstoffe) die Energie für das Arbeitsmedium des Antriebsstrahls (Verbrennungsgase). Die Reaktion erfolgt in der Brennkammer des **Raketentriebwerks**, sie setzt die Verbrennungsprodukte mit hoher Temperatur und entsprechendem Gasdruck frei. Die Brennkammer geht in eine Entspannungsdüse über, durch die die Gase ins Freie entweichen können und dabei den gerichteten Antriebsstrahl bilden. Die Entspannungsdüse verengt sich zunächst zum Düsenhals und geht dann in einen sich erweiternden Teil über, der entweder als glatter Konus (Laval-düse) oder mit parabel- bzw. glockenförmigem Querschnitt ausgebildet ist. Im Düsenhals erreichen die Gase zunächst maximal die von den dortigen Druckverhältnissen abhängige Schallgeschwindigkeit, die an sich schon wesentlich höher liegt als die Schallgeschwindigkeit in der Atmosphäre bei Normaldruck. Im Erweiterungs- teil der Düse wächst dann die Gasgeschwindigkeit durch Entspannung bis auf Überschallgeschwindigkeit an und erreicht Werte zwischen 2000 und 4500 m/s. Für den Schub S gilt dann die Beziehung $S = \dot{m} \cdot w_g + (p_g - p_H) A_g$; dabei ist p_g der Düsenmündungsdruck, p_H der Umgebungsdruck und A_g die Düsenmündungsfläche (→ Strahltriebwerk). Das zweite Glied auf der rechten Seite wird als Druckterm bezeichnet. Sein Einfluß wird mit zunehmender Höhe größer, da p_H dann abnimmt. Der dadurch entsprechende Schubzuwachs kann bis zu 15 % des Bodenschubes betragen.

Nach dem Aggregatzustand der verwendeten Raketentreibstoffe unterscheidet man bei R.n mit chemischen Triebwerken zwischen Flüssigkeits-, Feststoff- und Hybridraketen.

a) **Flüssigkeitsraketen** bestehen aus dem Raketentkörper (Zelle), welcher die Treibstoffbehälter und die Abteilung für die Bordgeräteausrüstung (Steuerungseinrichtungen, Energieversorgung u. a.) umfaßt, sowie dem Antriebssteil (Raketentriebwerk) mit Brennkammer, Düse und Treibstoffördereinrichtung. Die jeweilige Nutzlast wird meist der Raketenzelle aufgesetzt und entsprechend aerodynamisch verkleidet. Die getrennt untergebrachten Treibstoffe werden durch Druckgas oder Pumpen in die Brennkammer gefördert, in der im allgemeinen Drücke zwischen 20 und 70 at herrschen. Bei der Druckgasförderung verwendet man Stickstoff oder Helium, die unter einem Speicherdruck bis zu 200 at mitgeführt werden. Bei der Pumpenförderung wird die Turbine des Turbopumpenaggregats mit einem Arbeitsgas betrieben, das entweder durch Hilfsstoffe (z. B. katalytischer Zerfall von Wasserstoffperoxid H_2O_2 in Wasserdampf und Sauerstoff) oder durch aus der Brennkammer abgeleitete und heruntergekühlte Verbrennungsgase erzeugt werden kann. Wegen der hohen Brennkammertemperaturen (2000 bis 3500 °C) müssen die Kammerwände gekühlt werden. Beim klassischen Verfahren der **Regenerativkühlung** wird eine der beiden Treibstoffkomponenten (meist der Brennstoff) in einem Kühlmantel um die Brennkammer und die Düse geleitet, bevor sie dann nach Rückfluß zum Brennkammerkopf in den Verbrennungsraum eingespritzt wird. Zusätzlich kann bei dem besonders gefährdeten Düsenhals- teil die **Schleierkühlung** angewandt werden, wobei ein Teil der Kühlflüssigkeit aus dem Kühlmantel durch kleine Bohrungen an die Innenwand der

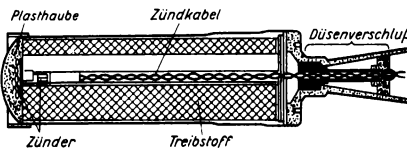
Brennkammer gelangen kann. Ebenso läßt sich an der Brennkammerwand ein Kühlschleier dadurch erzeugen, daß vom Einspritzkopf her der wandnahe Bereich mit Brennstoffüberschuß versorgt wird. Bei der neuerdings verschiedentlich angewendeten **Abschmelzkühlung** wird vornehmlich der Düsenhals mit einem hochwarmfesten, schlecht wärmeleitenden Stoff (z. B. Graphit) überzogen, der während des Betriebs in einem vorgegebenen Maß abbrennen bzw. abschmelzen darf. — Die in der Raumfahrt verwendeten Trägerraketen bzw. ihre Stufen sowie zahlreiche für Bahnkorrekturen oder Bahnmanöver eingerichtete Raumflugkörper sind in der Mehrzahl mit Flüssigkeitstriebwerken ausgestattet, da deren Schubregelung relativ einfach ist.



1 Zylindrische Brennkammer einer Flüssigkeitsrakete

b) **Feststoffraketen** sind im Aufbau einfacher als Flüssigkeitsraketen, da Treibstoffbehälter und Brennkammer identisch sind und somit ein Fördersystem nicht benötigt wird. Bei Feststoffraketen liegt der Brennkammerdruck teilweise sehr hoch (bis 180 at). Die Regelung des Schubvektors bei Feststoffraketen bereitet lange Zeit große Schwierigkeiten, da sich vor allem der Abbrand der Treibsätze kaum beeinflussen ließ. Heute können jedoch diese Probleme als gelöst angesehen werden, so daß Feststoffraketen in zunehmendem Maße auch als Raumfahrtantriebe Verwendung finden. Der Schubverlauf läßt sich in erster Linie durch entsprechende Formgebung der Treibsätze beeinflussen. Einen konstanten Schubverlauf erhält man bei Stirnbrennern, bei Röhrenbrennern mit innerem und äußerem Abbrand sowie bei Sterninnenbrennern. Fortlaufender Schubanstieg läßt sich beispielsweise durch einfache Röhreninnenbrenner erreichen. Die Brennzeiten von Feststoffraketen sind außerordentlich unterschiedlich; sie liegen je nach dem Verwendungszweck im wesentlichen zwischen einigen Sekunden und einigen Minuten. Die Zündung der Treibsätze erfolgt ausschließlich elektrisch über einen Initialzünder, der vor allem den für die stabile Verbrennung erforderlichen Druckaufbau in der Brennkammer liefert. Bei Feststoffraketen mit längerer Lagerzeit (z. B. bei Raketenwaffen) werden meist spezielle Düsenverschlüsse eingeführt, die im Augenblick der Zündung ausgestoßen werden. Feststoffraketen haben sich besonders für militärische Verwendungszwecke (→ Raketenwaffen) als geeignet erwiesen.

Auch kleinere Forschungsraketen werden bevorzugt mit Feststofftriebwerken ausgerüstet.

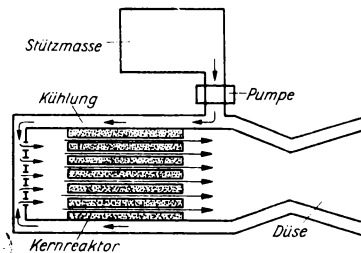


2 Kleines Feststoff-Raketentriebwerk mit Düsenverschluss

c) **Hybridraketen** verwenden die eine Treibstoffkomponente (Oxydator) in flüssiger, die andere (Brennstoff) in fester Form. Die Brenn-

kammer ist wie bei einem Feststofftriebwerk mit der festen Komponente als Treibsatz gefüllt, der Oxydator wird durch Druckgas in die Brennkammer gefördert. Derartige R.n. vereinigen Vorteile der Flüssigkeitsraketen (z. B. leichte Schubregelung) mit denen der Feststoffraketen (z. B. einfacher Aufbau), sie befinden sich jedoch erst im Entwicklungsstadium und haben noch nicht so breiten Eingang in die Praxis gefunden wie Flüssigkeits- und Feststoffraketen.

2) **Kernenergie-Triebwerke** befinden sich ebenfalls noch im Stadium der Entwicklung. Bei ihnen wird die durch Kernreaktionen frei werdende thermische Energie zur Fremdaufheizung eines Arbeitsmediums (Stützmasse) verwendet. Die Aufheizungsenergie kann sowohl von einem Kernspaltungs- als auch von einem Kernfusionsprozeß geliefert werden. Praktische Lösungen zeichnen sich jedoch bisher nur für die Spaltungsreaktion ab. Dabei wird die Stützmasse (Wasserstoff, Helium, Ammoniak oder auch Wasser) durch eine Kernreaktor-Brennkammer geleitet und anschließend in einer Ausströmdüse entspannt. Mit Wasserstoff würden sich so Ausströmgeschwindigkeiten bis zu 8000 m/s erreichen lassen.



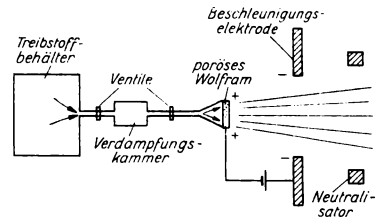
3 Thermischer Kernenergieantrieb

3) **Elektrische Triebwerke** verwenden die von einer Primärenergiequelle (Kleinreaktor, Isotopenbatterie oder Sonnenkraftanlage) erzeugte Elektroenergie zur Beschleunigung der Massepartikel des Arbeitsmediums. Die Ausströmgeschwindigkeiten liegen gegenüber den chemischen Triebwerken sehr hoch, sie betragen je nach Triebwerkstyp zwischen 10000 und 200000 m/s. Da aber der Massendurchsatz prinzipiell sehr niedrig bleibt, sind auch die erzielbaren Schubkräfte jeweils kleiner als das Antriebsgewicht. Elektrische Triebwerke lassen sich daher nicht als Antriebssystem für Trägerraketen verwenden. Sie können infolgedessen auch nicht als Raketentriebwerke im eigentlichen Sinne bezeichnet werden, und man sollte sie in einer gesonderten Gruppe Raumfahrtantriebe oder Raumtriebe zusammenfassen. Elektrische Triebwerke müssen als Teil eines Raumflugkörpers durch chemische Triebwerke in eine Raumflugbahn gebracht werden, ehe sie in Betrieb genommen werden können. Ihr entscheidender Vorzug für die Raumfahrt besteht darin, daß der geringe Massenverbrauch sowie die geringe Triebwerksbelastung sehr lange Betriebszeiten (Dauerantrieb) möglich machen. Trotz der sehr niedrigen Beschleunigung könnten so sehr hohe Endgeschwindigkeiten erreicht werden.

Nach dem Funktionsprinzip unterscheidet man elektrostatische, elektrothermische und elektromagnetische Triebwerke.

a) **Elektrostatische Triebwerke (Ionenantriebe)** arbeiten nach dem Prinzip der elektrostatischen Beschleunigung eines Ionenstromes, der beim Verlassen des Triebwerks durch zugemischte Elektronen neutralisiert werden muß. Als Arbeitsmedium (Stützmasse) kommen leichtionisierbare Alkalimetalle (Zäsium, Rubidium,

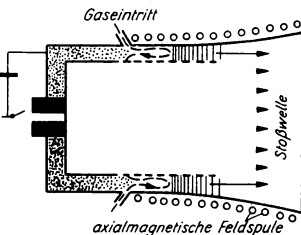
Kalium) und Quecksilber in Betracht. Diese Stoffe werden zunächst in einer elektrisch beheizten Kammer verdampft und anschließend beim Durchtritt durch ein ebenfalls elektrisch auf 500 bis 800 °C aufgeheiztes Platin- oder Wolframgitter ionisiert. Danach werden die Ionen in einem elektrostatischen Linearbeschleuniger auf Geschwindigkeiten bis zu 100000 m/s gebracht. Neben dieser thermischen Kontaktionisation können auch Gasentladungsquellen als Ionenzeuger verwendet werden.



4 Elektrostatischer Antrieb (Ionenantrieb)

b) **Elektrothermische Triebwerke (Lichtbogen-Triebwerke)** heizen das Arbeitsmedium thermisch in einer Brennkammer auf, in der ein Lichtbogen zwischen einer stabförmigen Zentralelektrode und dem als Gegenelektrode ausgebildeten Düsenhalseinsatz brennt. Das hocherhitzte Arbeitsmedium (Plasma) wird anschließend wie bei einem chemischen Triebwerk in einer Ausströmdüse entspannt. Mit Wasserstoff als Stützmasse können auf diesem Wege Ausströmgeschwindigkeiten von 10000 bis 15000 m/s erreicht werden.

c) **Elektromagnetische Triebwerke (magnetogasdynamische Triebwerke, magnetohydrodynamische Triebwerke, abg. MHD-Triebwerke)** nutzen die durch Wechselwirkungen zwischen elektrischen und magnetischen Kräften entstehende Lorentz-Kraft zur Beschleunigung eines Hochtemperaturplasmas aus. Die Verwandlung des Arbeitsmediums in ein hochionisiertes Plasma kann durch elektrische Entladungen in hydromagnetischen Stoßrohren mit oder ohne Elektroden geschehen, wobei gegebenenfalls auch der Pinch-Effekt und die Hochfrequenzaufheizung mitwirken können. Die Ausströmgeschwindigkeiten liegen bei 100000 m/s und darüber. Ein kontinuierlich arbeitendes elektromagnetisches Triebwerk erhält man, wenn ein elektrothermisches Triebwerk als Plasmaerzeuger mit einem aus gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern aufgebauten MHD-Nachbeschleuniger kombiniert wird.



5 Magnetohydrodynamischer Antrieb: Ringstoßrohr

Elektrothermische und elektromagnetische Triebwerke werden auch unter der Bezeichnung **Plasmatriebwerke** zusammengefaßt.

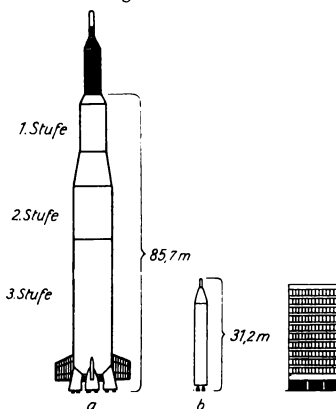
4) **Heißwasser-Triebwerke** arbeiten mit thermodynamischer Entspannung eines überhitzten Wasser-Dampf-Gemisches in einer Ausströmdüse. Das Arbeitsmedium (Wasser) wird dazu in einem Druckkessel elektrisch oder mittels eines Spezialbrenners aufgeheizt und bis zum Einsatz durch ein Ventil am Ausströmen gehin-

dert. Als Hauptantriebe für Trägerraketen und Fluggeräte sind Heißwasser-Triebwerke wegen ihrer geringen spezifischen Leistung ungeeignet, als Starthilfen mit kurzzeitig hoher absoluter Schubkraft (für Flugzeuge und Raumtransporter) wären sie dagegen außerordentlich wirtschaftlich.

5) Der **Pulsantrieb mittels Kernexplosionen** soll Raumfahrzeugen, die sich schon im Raum befinden, höhere interplanetare Reisegeschwindigkeiten ermöglichen. Das Raumfahrzeug muß dazu über ein Dämpfungssystem mit einer massereichen Prallplatte versehen werden, hinter der in bestimmten zeitlichen Abständen kleinere ausgestoßene Kernexplosionsladungen gezündet werden. Die einzelnen Druckstöße sollen durch das Dämpfungssystem in einen kontinuierlichen Vortrieb umgewandelt werden.

6) Der **Photonenantrieb** soll den Impuls eines gerichtet abgestrahlten hochintensiven Photonenstrahls ausnutzen. Hinreichend große Schub-

effekte würden sich jedoch erst bei Verwendung von Strahlungsquellen mit Temperaturen über 30 000 °K ergeben. Für technische Lösungen



7 Größenverhältnisse moderner Trägerraketen: a) Dreistufenrakete Saturn 5 (für Mondprojekt „Apollo“ der USA), b) Zweistufenrakete Titan 2 (mit Gemini-Raumkapsel). Daneben 10stöckiges Hochhaus zum Vergleich

zeigen sich gegenwärtig noch keine Ansätze. R.n mit Photonenantrieb werden auch als **Photonenraketen** bezeichnet.

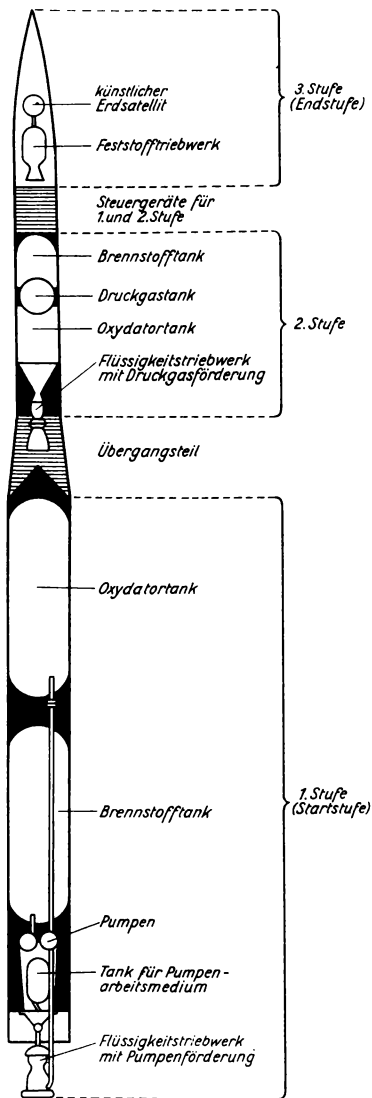
Nach dem Prinzip der Flugführung kann man unterscheiden zwischen **ungelenkten R.n** und **gelenkten R.n**, → **Raketenwaffen**.

R.n sind entweder **Einstufenraketen** oder **Mehrstufenraketen** (die Trägerrakete setzt sich aus mehreren Einzelraketen oder Raketenstufen zusammen, → **Stufenprinzip**). Als Mehrstufenraketen sind z. B. alle ballistischen R.n für größte Reichweiten ausgeführt, ferner sämtliche in der Raumfahrt eingesetzten Trägerraketen.

III Verwendung. Kleinere R.n (Feststoffraketen) werden als **Feuerwerks-, Signal- und Leuchtraketen** verwendet; dabei werden die Feuerwerks-, Signal- bzw. Leuchtmittel meist in Gipfelhöhe der R. ausgestoßen. Kleinere Feststoffraketen werden ferner als **Seenotrettungsraketen** (→ Leinenwurfgerät) eingesetzt. Mittlere bis sehr große Feststoffraketen dienen als **Starthilfsraketen** für Flugzeuge, Forschungs- und Kampftraketen sowie als Antrieb für Raketen-schlitten (Beschleunigungsversuche und andere Forschungszwecke). **Forschungsraketen** (ein- oder mehrstufige Feststoff- oder Flüssigkeitsraketen) transportieren Meßgeräte und andere wissenschaftliche Nutzmassen in die Hochatmosphäre (**meteorologische und geophysikalische R.n**, → Höhenforschungsrakete).

Raumfahrt-Trägerraketen sind große Mehrstufenraketen, mit deren Hilfe Raumflugkörper (künstliche Erdsatelliten, Raumsonden, Raumfahrzeuge) auf eine astronautische Freiflughbahn (Raumflughbahn) gebracht werden. Für militärische Zwecke werden **Kampfraketen** (→ Raketenwaffen) eingesetzt.

IV Geschichtliches. Die R. wurde vermutlich in China erfunden, wo sie mit Sicherheit seit 1040 bekannt ist. Im 13. Jh. gelangt die Kenntnis von dieser Erfindung zu den Arabern und von dort über Italien nach dem übrigen Europa. In den darauffolgenden Jahrhunderten wird die R. nur vereinzelt erwähnt, bis im 18. Jh. die Engländer Brandraketen als wirkungsvolles Kampfmittel in den Händen der Inder kennenlernten. Anfang des 19. Jh. konstruierte der englische General W. Congreve Brandraketen mit Flugweiten von knapp 3000 m. Die Österreicher setzten in ihren Feldzügen von 1848 und 1849 Raketenkorps ein. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Entwicklung der Raketenartillerie



6 Dreistufige Trägerrakete im Schnitt

in Rußland gewidmet. Der Artilleriegeneral K. I. Konstantinow führte wissenschaftliche Untersuchungen durch, auf Grund derer es ihm gelang, Spreng- und Brandraketen wesentlich zu verbessern. Durch das Aufkommen gezogener Geschützrohre wurden die Raketenwaffen gegen Ende des 19. Jh. verdrängt, dagegen spielten Signal- und Leuchtraketen auch weiterhin eine größere Rolle. Um 1900 beschrieb K. E. Ziolkowski aus Kaluga die Rakete auf wissenschaftlicher Grundlage und begründete in den folgenden Jahren theoretisch die moderne Raketentechnik und zugleich die Möglichkeit der Raumfahrt. Ihm folgten als Raketenpioniere ab 1910 in Amerika R. H. Goddard (Start der ersten Flüssigkeitsrakete), in Deutschland H. Oberth und in der Sowjetunion F. A. Zander. Ab 1927 versuchte man in Deutschland (Winkler, Valier), die R. als Beförderungs- und Antriebsmittel zu verwenden. 1928 erreichte Volkhart auf einem Opelischen Raketenwagen eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h. 1929 gründete Rynin in Leningrad eine Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik und gab ein mehrbändiges Sammelwerk über das Rückstoßprinzip heraus. Anfang der dreißiger Jahre wurden in der UdSSR und auf privater Grundlage in Deutschland zahlreiche Starts von Flüssigkeitsraketen durchgeführt. 1931 erreichte Ing. Tilling aus Osna-brück mit Feststoffraketen Höhen bis zu 750 m. Nach 1933 erfolgten in Deutschland Versuche nur noch durch staatliche bzw. militärische Stellen. 1934 stieg eine Flüssigkeitsrakete über Borkum auf eine Höhe von 2300 m. Im Zuge der Ausrüstung wurde 1936 die Heeresversuchsanstalt Peenemünde gegründet, wo Wernher von Braun begann, die erste Großrakete A 4 (Abk. für Aggregat 4) zu entwickeln. 1939 wurde in Peenemünde das erste Raketenflugzeug (He 170), im Oktober 1942 die erste A-4-Rakete (V 2) gestartet (Gipfelhöhe 86 km, Reichweite 190 km, Brennschlußgeschwindigkeit 1300 m/s, später 1700 m/s). Die erste Zweistufenrakete erreichte im Februar 1949 in den USA eine Höhe von 400 km. 1957 wurde von der Sowjetunion die erste interkontinentale ballistische R. gestartet; sie flog 10000 km in knapp 30 Minuten (Gipfelhöhe 1200 km, Brennschlußgeschwindigkeit der letzten Stufe etwa 6000 m/s). 1957 wurde von der Sowjetunion mit einer Mehrstufenrakete der erste künstliche Erdsatellit auf seine Bahn gebracht (Maximalhöhe 947 km); weiteres → Raumfahrt.

Lit. Clarke: Vorstoß ins All (Leipzig und Jena 1956); Körner: Stärker als die Schwerkraft (Berlin 1961); Mebus: Berechnung von Raketenantrieben (Füssen 1957); Mielke: Einführung in die Raketentechnik (Berlin 1959); Meyers Taschenlexikon Raketentechnik – Raumfahrt (2. Aufl. Leipzig 1968); Sinjarew u. Dobrowolski: Flüssigkeitsraketenantriebe (dtsch. Moskau 1955); Wolff: R.n. und Raketenballistik (3. Aufl. Berlin 1967); Brock: Taschenb. der Flugkörper, R.n., Satelliten (München 1964); Schmidt: Physik der R. (Berlin, Frankfurt/M. 1963); Staritz: Einführung in die Technik der Flugkörper (Raketentechnik) (Berlin 1966); → Raketenwaffen.

Raketenapparat, → Leinenwurfgerät.

Raketensonde, svw. → Höhenforschungsrakete.

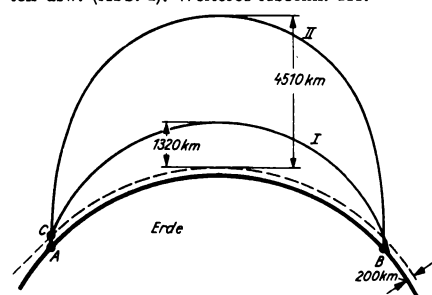
Raketentreibstoffe, flüssige oder feste Treibstoffe zum Antrieb von → Raketen. 1) **Flüssige R.** setzen sich zusammen aus dem Brennstoff und dem Oxydator; diese werden meist in getrennten Behältern aufbewahrt, bevor sie in der Brennkammer der Rakete reagieren können. Bei diesen Zweistoffsystemen unterscheidet man **Hypergole**, die bei Berührung spontan zünden, und **Nicht-hypergole**, die eine Zündvorrichtung benötigen. Es sind auch Einstoffsysteme möglich, bei denen Brennstoff und Oxydator gemischt (z. B. Essigsäureamylester und Salpetersäure) oder auch in einem Molekül vereint sind (Methylnitrat); derartige R. haben jedoch wegen ungenügender

Leistungen nur geringe Bedeutung. Als flüssige Brennstoffe sind üblich Alkohole, Kerosin, Hydrazin N_2H_4 und seine Derivate, Anilin $C_6H_5NH_2$ und flüssiger Wasserstoff. Gelegentlich wurden auch Metallverbindungen, z. B. Lithiumhydrid LiH , und Borane, z. B. Diboran B_2H_6 , auf ihre Verwendung als R. hin untersucht. Oxydatoren sind flüssiger Sauerstoff, Salpetersäure und Distickstofftetroxid N_2O_4 . Ozon wäre ein sehr guter Oxydator, es ist jedoch hochexplosiv; seine Verwendungsmöglichkeit wird noch erforscht. Fluor und Fluorverbindungen sind ebenfalls günstige Oxydatoren, obwohl außerordentlich giftig und sehr teuer. Eine 70- bis 80prozentige Lösung von Wasserstoffperoxid H_2O_2 kann katalytisch in Wasserdampf und Sauerstoff zersetzt werden, wobei Temperaturen von nur etwa 600 °C entstehen (kalter Treibstoff).

2) **Feste R.** werden eingeteilt in Monergole und Propergole. **Monergole** sind homogene (doppelbasige) R., die Brennstoff und Sauerstoff in einer chemischen Verbindung enthalten, z. B. Zellulosenitrat und Glycerintrinitrat, die gemischt verwendet werden (Doppelbasis-Treibstoffe). **Propergole** (heute fast ausschließlich verwendet) sind heterogene (zusammengesetzte) R., die ein Gemenge von Brennstoff und Oxydator bilden (Composite-Treibstoffe). Als Brennstoffe kommen eine große Zahl hochpolymerer Kunststoffe, z. B. Polyurethan, in Frage, als Oxydatoren werden verschiedene Perchlorate verwendet, z. B. Ammoniumperchlorat, Kaliumnitrat und Nitrate. Verschiedene Zusätze zu den Festtreibstoffen dienen zur Erzielung mechanischer Festigkeit, stabilen Abbrandes und anderer erwünschter Eigenschaften.

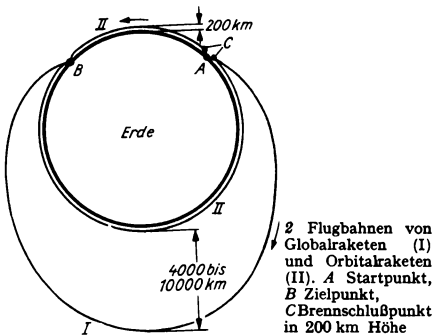
Raketenwaffen (Tafel 15), **Kampfraketen**, Waffensysteme mit Raketenantrieb (→ Rakete).

I Einteilung. Nach ihrer Gefechtsbestimmung werden R. eingeteilt in 1) R., die von der Erdoberfläche gegen Ziele auf der Erdoberfläche oder auch auf oder unter Wasser eingesetzt werden; 2) R., die von der Erdoberfläche gegen Ziele in der Luft und im kosmischen Raum eingesetzt werden; 3) R., die von Flugzeugen gegen Ziele in der Luft und auf der Erdoberfläche eingesetzt werden. Als Hauptklassen ergeben sich daraus 1) **Boden-Boden-Raketen**, mit denen Land- oder Seekampfmittel Land- und Seeziele bekämpfen; 2) **Boden-Luft-Raketen**, mit denen Land- oder Seekampfmittel Luft- und kosmische Ziele (Raketen, künstliche Erdsatelliten) bekämpfen; 3) **Luft-Boden-Raketen**, mit denen Flugzeuge und Hubschrauber Land- und Seeziele bekämpfen; 4) **Luft-Luft-Raketen**, die Flugzeuge gegen Luftziele einsetzen. Daraus lassen sich weitere Unterklassen ableiten, z. B. Unterwasser-Boden-Raketen, Unterwasser-Unterwasser-Raketen usw. (Abb. 4). Weiteres Abschn. III.



I Optimale Flugbahnen interkontinentaler ballistischer Raketen über 10000 km Entfernung mit minimaler Brennschlußgeschwindigkeit (I) und mit Brennschlußgeschwindigkeit von 7910 m/s (II). A Startpunkt, B Zielpunkt, C Brennschlußpunkt in 200 km Höhe

Da die Klasse Boden-Boden-Raketen sehr viele Typen enthält, unterteilt man diese auch in **taktische Raketen** (Reichweite bis 100 km), **operative Raketen** (Reichweite bis 1000 km) und **strategische Raketen** (Reichweite über 1000 km), zu denen vor allem die Interkontinental-, Global- und Orbitalraketen gehören. **Interkontinentalraketen** haben eine Reichweite bis etwa 14 000 km (Brennschlußgeschwindigkeit 7 bis 8 km/s) und fliegen auf ballistischen Bahnen (Abb. 1). **Globalraketen** haben eine Reichweite über 20 000 km (Brennschlußgeschwindigkeit etwa 8 bis 10 km/s), sie bewegen sich auf einer weit in den Raum reichenden elliptischen Bahn in das Ziel. **Orbitalraketen** haben eine Reichweite über 20 000 km (Brennschlußgeschwindigkeit entspricht der jeweiligen Kreisbahngeschwindigkeit); sie werden auf Erdumlaufbahnen gebracht und können ihre Ziele auf jedem Punkt der Erde nach einem Teilumlauf oder einer beliebigen Zahl von vollen Umläufen aus jeder vorgegebenen Richtung erreichen (Abb. 2).



Hinsichtlich der Flugeigenschaften werden die R. eingeteilt in ballistische Raketen und Flügelraketen.

1) **Ballistische Raketen** haben die Aufgabe, eine im Raketenkopf untergebrachte Kampfladung an ein bestimmtes festes Ziel e zu bringen (Abb. 3). Ihre Flugbahn besteht aus der Antriebsbahn (*aktive Bahn*) ab und der Freiflugbahn (*passive Bahn*) be. Auf der Antriebsbahn tritt bis zum Brennschluß eine zunehmende Beschleunigung auf. Im Punkt b, dem Brennschlußpunkt, ist die Rakete ausgebrannt, oder das Raketenantriebswerk wird abgestellt. Die Rakete oder die von ihr abgetrennte Nutzlast fliegt nun wie ein Geschöß weiter. Die Schußweite ist eine Funktion des Winkels, den eine im Punkt b an die Schwerpunktsbahn gedachte Tangente mit der Horizontalen bildet, der Brennschlußgeschwindigkeit und der Höhe von b. Die Freiflugbahn ballistischer Fernraketen ist in erster Annäherung Teil einer Ellipse, deren einer Brennpunkt mit dem Erdmittelpunkt zusammenfällt. Ähnliche Probleme bestehen für die Trägerraketen der künstlichen Erdsatelliten.

2) **Flügelraketen** besitzen Raketenantriebswerke, die während des gesamten oder des größten Teiles des Fluges arbeiten. Eine mit aerodynamischen Lenkhilfen versehene Zelle ermöglicht in der Atmosphäre das Manövrieren vom Start bis zum Ziel.

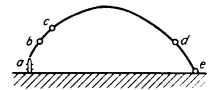
Bei den R. unterscheidet man ferner ungelenkte und gelenkte Raketen. **Ungelenkten Raketen** wird im Moment des Startes mit Hilfe von Startbahnen, Leitapparaten oder Leitschienen der zum Treffen des Zieles notwendige Erhöhungswinkel und die Richtung verliehen (entspricht etwa dem Richten eines Geschützes). Während des Fluges wird das Geschöß durch ein Leitwerk oder durch Drall stabilisiert, der von schräggestellten Düsen

erzeugt wird. **Gelenkte Raketen** sind mit einem Bordsteuersystem ausgestattet, das für die Ausführung der vom Leitsystem kommenden Kommandos sorgt, indem es die entsprechenden Impulse für die Rudermaschinen der Lenkorgane bildet. Die Lenkorgane sind entweder aerodynamische Ruder, Spoiler-Klappen (Strömungsunterbrecher), Strahlruder, bewegliche zusätzliche Lenktriebwerke oder Schwenkeinrichtungen für die Haupttriebwerke der R.

II Lenksysteme. Bei gelenkten R. sind entweder die Bordleitanlagen (in der Rakete oder auf dem Boden) von Bodenanlagen abhängig (Fernlenkung), oder sie orientieren sich selbstständig direkt auf das Ziel (Zielsuchlenkung), oder sie arbeiten autonom nach einem vorgegebenen und gespeicherten Programm (Selbstlenkung). 1) Die Fernlenkung kann mit Hilfe von Radarleitstrahl-, Kommando-, Fernseh-Lenksystemen oder Funknavigationssystemen erfolgen. a) Beim **Radarleitstrahl-Lenksystem** wird der Flug der Rakete von einer Radarstation beobachtet. Zur Änderung der Flugbahn richtet die Antenne den Funkstrahl in die notwendige Richtung. Da die Leitanlage in der Rakete bestrebt ist, die Rakete im Funkstrahl zu halten, erarbeitet sie beim Schwenken des Funkstrahles gleichzeitig die erforderlichen Lenkkommandos für das Bordsteuersystem. b) Beim **Kommando-Lenksystem** wird der Flug der Rakete visuell oder von Radarstationen beobachtet. Änderungen der Flugrichtung der Rakete werden von der Leitanlage (Leitsender) am Boden durch Lenkkommandos herbeigeführt. Die Übermittlung der Lenkkommandos an die Rakete kann durch Funk erfolgen oder über Draht, wobei sich ein Kabel während des Fluges von einer Trommel in der Rakete abspult. c) Beim **Fernseh-Lenksystem** beobachtet die Leitstelle das Ziel mit Hilfe einer in der Rakete eingebauten Fernsehkamera, und die Leitanlage (bodengebunden oder in einem Trägerflugzeug) übermittelt die zum genauen Zielflug notwendigen Lenkkommandos an die Rakete über Funk. d) Bei der Lenkung mit Hilfe von **Funknavigationssystemen** orientiert sich die Leitanlage in der Rakete auf die Funkimpulse von Hyperbel- oder Kreisfunknavigationssystemen (→ Funkortung). Die Lenkkommandos bilden sich in der Rakete.

2) Zur Zielsuchlenkung gehören aktive, halbaktive und passive Zielsuchlenksysteme. In allen Fällen befindet sich die Leitanlage hierzu in der Rakete. a) **Aktive Zielsuchlenksysteme** enthalten in der Rakete eine Miniatur-Radarstation, die beim Start automatisch eingeschaltet wird. Die Funkimpulse des Senders werden vom Ziel reflektiert und vom Empfänger des Zielkoordinators aufgenommen. Der Zielkoordinator (Leitanlage) bildet danach die entsprechenden Lenkkommandos für das Bordsteuersystem. b) Bei **halbaktiven Zielsuchlenksystemen** verfügt die Rakete nur über den Empfänger des Zielkoordinators. Die Funkimpulse, die durch das Ziel reflektiert und vom Empfänger aufgenommen werden, stammen in diesem Falle von einer außerhalb der Rakete liegenden Radarstation (Boden- oder Flugzeugstation). c) Bei **passiven Zielsuchlenksystemen** orientiert sich das Suchgerät des Zielkoordinators nur nach der vom Ziel selbst ausgestrahlten Energie (Wärme-, Infrarot-, Funk- und andere elektromagnetische Strahlung, Schallwellen, das elektrische oder elektromagnetische Feld des Zieles usw.).

3) **Selbstlenkung**. Fernlenksysteme und Zielsuch-Lenksysteme unterliegen Störungen seitens des Gegners, wodurch die Raketen fehlgeleitet werden können. Im Gegensatz dazu sind Selbstlenksysteme störungsfrei. Grundlage ihrer Arbeit ist ein eingegebenes Programm, mit dem die tatsächlich gemessenen Standortkoordinaten



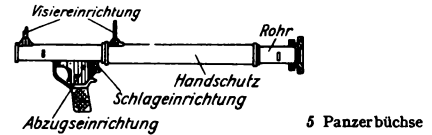
3 Typische Flugbahn einer ballistischen Rakete. a Startort, b Brennschluß, c Abtrennung des Kampfkopfes vom Antriebssteil, d Eintauchpunkt, e Zielpunkt

verglichen und Differenzen durch Kommandos an die Lenkorgane ausgeglichen werden. Man unterscheidet Lenksysteme, die das Erdmagnetfeld messen, Trägheits-, Astro- und Funkastronavigationssysteme. Bei *Lenksystemen, die das Erdmagnetfeld messen*, dienen als Kennwerte die Totalintensität und ihre Komponenten. *Trägheitsnavigationssysteme* (→ Trägheitsnavigation) messen die Beschleunigung in den verschiedenen Ebenen und integrieren sie. Bei *Astronavigationssystemen* (→ Navigation) bleiben Nachlaufteleskope ständig auf ein Gestirn gerichtet und ermöglichen das Errechnen astronomischer Standlinien. Bei *Funkastronavigationssystemen* wird dieses Ziel mit Hilfe von Radioteleskopen erreicht.

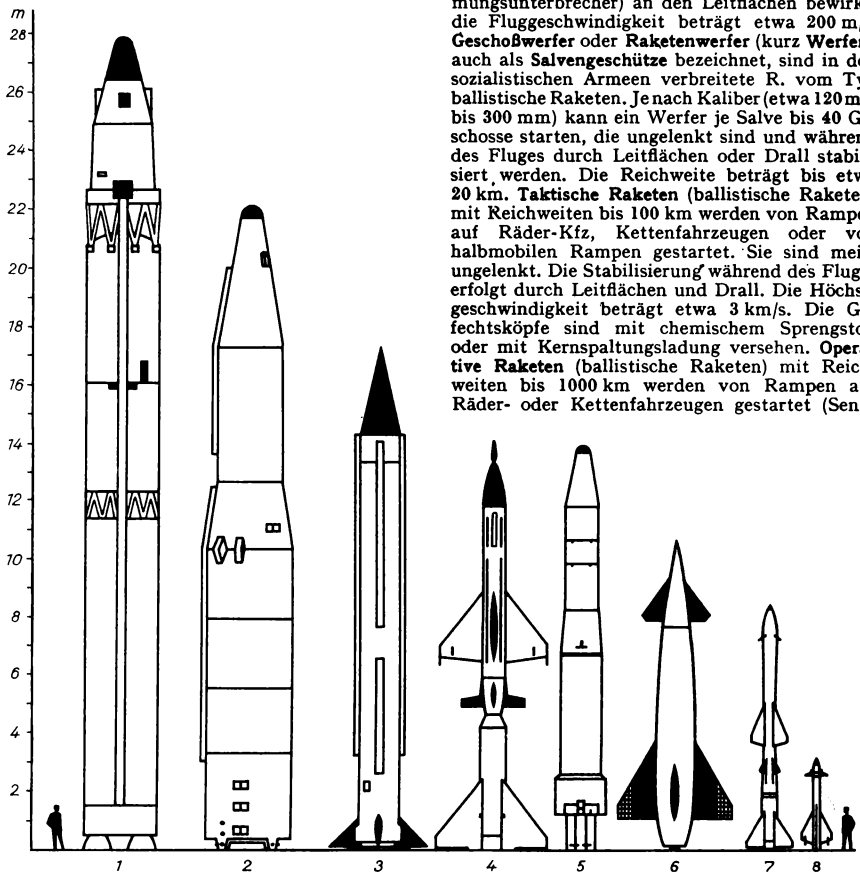
Es ist auch möglich, verschiedene Lenksysteme miteinander zu kombinieren, z. B. Fernlenksysteme mit Zielsuchlenksystemen, Selbstlenksysteme und Zielsuchlenksysteme.

III Die verschiedenen Teilstreitkräfte moderner Armeen sind mit folgenden R. ausgerüstet. 1) R. der Landstreitkräfte. **Reaktive Panzerbüchsen** (Abb. 5), im 2. Weltkrieg z. B. unter der Bezeichnung Panzerfaust bekannt geworden, sind rückstoßfreie Einmann-Raketenwaffen (Typ ballistische Rakete) zur Panzerbekämpfung. Sie besitzen ein nicht gezogenes, hinten offenes Rohr und verschießen entweder Geschosse mit Triebwerk (Kaliber um 100 mm) oder Überkalibergeschosse, wobei sich im Startrohr (Kaliber

um 60 mm) nur das Triebwerk befindet. Es werden Reichweiten bis etwa 500 m erzielt. Der Gefechtskopf ist mit Hohlladung versehen. Die Geschosse werden bei den Panzerbüchsen auf das Rohr aufgesetzt oder aber in das Rohr eingeführt; sie sind ungelenkt und werden während des Fluges durch Leitflächen stabilisiert, die Fluggeschwindigkeit beträgt bis 200 m/s. Panzerbüchsen kön-

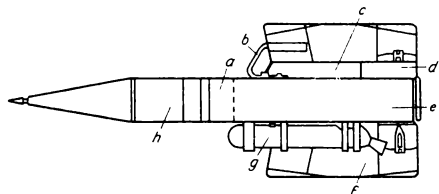


nen auf die Schulter gesetzt, auf den Boden gelegt oder auf Schützenpanzerwagen (SPW), Kübelwagen u. dgl. montiert werden. **Panzerabwehrlenkraketen** (Abb. 6) sind R. zur Panzerbekämpfung (Typ Flügelenkraketen). Der Start erfolgt von Leitschienen auf geländegängigen Kfz oder SPW aus, aus einem Verpackungsbehälter oder einfach vom Boden aus. Panzerabwehrlenkraketen sind kommandoferngelenkt; die Lenkung erfolgt über einen sich abrollenden Draht (Reichweite etwa bis 2000 m) oder über Funk (Reichweite etwa bis 5000 m). Der Gefechtskopf ist mit einer Hohlladung versehen. Die Geschosse werden während des Fluges durch Leitwerke stabilisiert. Richtungsänderungen werden oft durch Interzeptoren (Strömungsunterbrecher) an den Leitflächen bewirkt, die Fluggeschwindigkeit beträgt etwa 200 m/s. **Geschößwerfer oder Raketenwerfer** (kurz **Werfer**), auch als **Salvengeschütze** bezeichnet, sind in den sozialistischen Armeen verbreitete R. vom Typ ballistische Raketen. Je nach Kaliber (etwa 120 mm bis 300 mm) kann ein Werfer je Salve bis 40 Geschosse starten, die ungelenkt sind und während des Fluges durch Leitflächen oder Drall stabilisiert werden. Die Reichweite beträgt bis etwa 20 km. **Taktische Raketen** (ballistische Raketen) mit Reichweiten bis 100 km werden von Rampen auf Räder-Kfz, Kettenfahrzeugen oder von halbmobilen Rampen gestartet. Sie sind meist ungelenkt. Die Stabilisierung während des Fluges erfolgt durch Leitflächen und Drall. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt etwa 3 km/s. Die Gefechtsköpfe sind mit chemischem Sprengstoff oder mit Kernspaltungsladung versehen. **Operative Raketen** (ballistische Raketen) mit Reichweiten bis 1000 km werden von Rampen auf Räder- oder Kettenfahrzeugen gestartet (Senk-



4 Größenverhältnisse moderner Raketenwaffen. 1 Globalrakete, 2 zweistufige Interkontinentalrakete, 3 einstufige Mittelstreckenrakete, 4 leichte Antirakete, 5 U-Boot-Rakete, 6 Luft-Boden-Rakete, 7 Boden-Luft-Rakete, 8 Luft-Luft-Rakete

rechtstart). Sie sind meist selbstgelenkt (Trägheitsnavigationssysteme). Die Höchstgeschwindigkeit beträgt etwa 5 km/s. Es werden Gefechtsköpfe mit Kernladungen (Kernspaltungs- oder Kernsynthesewaffen) verwendet.



6 Aufbau einer Panzerabwehrlenkkrakete (Einmann-Waffe). a Kreiselanlage, b Tragegriff, c Batterie, d Leuchtsatz, e Marschtriebwerk, f Stabilisierungsflossen (Kreuzflügel) mit elektromagnetisch betätigten Klappen (Spoilern) zur Lenkung, g Starthilfstriebwerk, h Kampfkopf

2) R. der strategischen Raketenruppen (Sowjetunion). Verwendet werden Interkontinentalraketen, Orbitalraketen und Globalraketen (siehe Abschn. I). Bei allen strategischen Raketen handelt es sich um ballistische Raketen. Der Start (Senkrechtstart) erfolgt aus Startpositionen auf der Erde, von Eisenbahnwaggons oder aus unterirdischen Startsilos (Abb. 7), der Transport auf Spezialanhängern für Rad- oder Kettenzugmittel oder auf Kettenfahrzeugen. Am Ende des aktiven Abschnitts der Flugbahn wird der Gefechtskopf (mit Kernsyntheseladung oder Dreiphasenkernwaffe) meist von der letzten Raketenstufe getrennt. Die Lenkung erfolgt meist mit Selbstlenkssystemen (Trägheitsnavigationssysteme), wobei auch die Möglichkeit genutzt wird, bei Notwendigkeit Feinkorrekturen mit Hilfe von Kommandolenksystemen vorzunehmen.

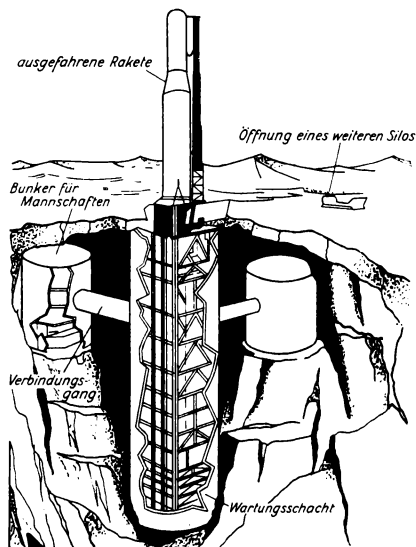
3) R. der Truppen der Luftverteidigung und Raketenabwehr. **Fla-Raketen** und **Anti-Raketen** sind R. vom Typ der Flügelraketen. Der Start erfolgt von beweglichen, halbstationären oder stationären Rampen. Die Raketen werden bis in Zielnähe ferngelenkt (Radarleitstrahl- oder Kommandolenksysteme) und beginnen dann die Zielsuche (aktive, halbaktive oder passive Lenk-

systeme). Die Fluggeschwindigkeit der Fla-Raketen beträgt bis 2 km/s, Antiraketen sind wesentlich schneller. Die Reichweite der Fla-Raketen beträgt bis etwa 150 km, die der Antiraketen etwa 300 bis 400 km. Die Gefechtsköpfe sind mit chemischen Sprengstoffen oder Kernspaltungs-ladungen versehen, Antiraketen haben meist nur Kernladungen. Mit Fla-Raketen sind Land- und Seestreitkräfte ausgerüstet. Es werden auch Versuche mit Fla-Raketen als Einmannwaffen unternommen, wobei die Raketen ähnlich wie die Geschosse einer Panzerbüchse gestartet werden. Der Start erfolgt erst dann, wenn ein Infrarotzielsuchkopf das Luftziel aufgefaßt hat.

4) R. der Luftstreitkräfte. **Luft-Luft-Raketen** sind R. vom Typ Flügelraketen mit Reichweiten bis etwa 30 km. Für geringere Reichweiten sind diese R. oft ungenlenkt, für größere Reichweiten ferngelenkt (Radarleitstrahl- lenkung durch Flugzeug-Funkmeßvisier) oder zielsuchend (passive Infrarotzielsuche). Die Gefechtsköpfe sind mit chemischen Sprengstoffen oder auch mit Kernspaltungs-ladungen versehen. **Luft-Boden-Raketen** werden als taktische Raketen bezeichnet, wenn das Trägerflugzeug beim Start außerhalb der Feuerzone der Fla bleibt, und als strategische Raketen, wenn das Trägerflugzeug beim Start außerhalb der Feuerzone der Fla-Raketen bleibt. Verwendet werden Flügelraketen, die ungenlenkt, ferngelenkt (Radarleitstrahl- lenkung, Fernsehlenkung) oder zielsuchend sein können. Die Gefechtsköpfe sind mit chemischen Sprengstoffen oder Kernspaltungs-ladungen versehen. Als strategische Luft-Boden-Raketen werden oft Flugzeuggeschosse verwendet mit Reichweiten von einigen hundert Kilometern. Sie werden ferngelenkt (Fernsehlenk- systeme, Funknavigationssysteme) und sind selbstlenkend (Messung des Erdmagnetfeldes, Astro- und Funkastronavigationssysteme), auf dem letzten Flugabschnitt dagegen zielsuchend (aktiv, passiv), d. h., für ihre Lenkung werden verschiedene Systeme kombiniert. Die Fluggeschwindigkeiten liegen heute bei oder über der Schallgeschwindigkeit. Strategische Luft-Boden-Waffen sind meist mit Kernladungen ausgerüstet.

5) R. der Seestreitkräfte. Der Start erfolgt von Unterwasser- oder Überwasserschiffen und aus Startpositionen an der Küste (Küstenschutz). Von U-Booten aus werden ballistische Raketen unter Wasser gestartet und zunächst mit Hilfe von Druckluft über die Wasseroberfläche gebracht, wo dann erst das Triebwerk zündet. Die Lenkung erfolgt wie bei operativen und strategischen Boden-Boden-Raketen. Auf Raketenkreuzern, -zerstörern und -schnellbooten werden aus Startrohren ungenlenkte ballistische Raketen oder Flügelraketen und Flugzeuggeschosse gestartet (Lenkung wie bei der Klasse Luft-Boden). Die Reichweite ist verschieden (bis einige hundert Seemeilen), die Gefechtsköpfe sind mit chemischen Sprengstoffen und Kernladungen versehen. Weitere R. der Seestreitkräfte sind reaktive → Wasserbomben und Raketenorpedos (→ Torpedo).

R. sind vielseitig verwendbar, d. h., sie können von den verschiedensten Waffengattungen und Teilstreitkräften gegen die unterschiedlichsten Ziele eingesetzt werden. In ihrer Reichweite können R. sowohl auf kürzeste Entfernungen wirken als auch Distanzen überwinden, die für andere Waffensysteme unerschwingbar sind. Ihre Wirksamkeit wird dadurch bestimmt, daß sie die verschiedensten Ladungen befördern und dank der Lenkbarkeit auch auf große Entfernungen eine große Treffgenauigkeit aufweisen. Schließlich wird ihr Einsatz im Gegensatz zu manchen anderen Waffensystemen (Fliegerkräfte) durch



7 Startsilos mit ausgefahrener, startfertiger strategischer Rakete

Raketenwerfer

meteorologische Bedingungen nur unwesentlich beeinflusst.

IV Geschichtliches. Die Verwendung der Rakete als Waffe ist alt. Pulverraketen waren den Chinesen bereits im Mittelalter bekannt. In Europa ist die Rakete als Kampfmittel schon lange bekannt, hatte aber infolge der größeren Wirksamkeit von Artilleriesystemen bis zum zweiten Weltkrieg nur untergeordnete Bedeutung. An Raketenwaffen setzte man im 2. Weltkrieg reaktive Panzerbüchsen, Geschoßwerfer („Katuscha“ der sowjetischen Streitkräfte, „Nebelwerfer“ der faschistischen Wehrmacht), Fla-Raketen, ungelenkte und gelenkte ballistische Raketen ein. Die bekannteste gelenkte ballistische Rakete im 2. Weltkrieg war die A 4 (Aggregat 4 = V 2, → Rakete).

Lit. Kryssenko u. Astaschenko: Rakete, Flugbahn, Lenksystem (dtsch Berlin 1961); Zorn: Kampfraketen (Berlin 1961); Eyermann: Raketen – Schild und Schwert (Berlin 1967); Hoffmann: R. – gestern, heute, morgen (Neuenhagen 1962); Pereseda: Fla-Raketen (dtsch Berlin 1963); → Rakete.

Raketenwerfer, eine → Raketenwaffe.

Raman-Effekt, svw. → Smekal-Raman-Effekt.

Ramark, eine an verkehrsreichen Küsten aufgestellte Radarbake mit Sender im X-Band (9320 bis 9500 MHz) mit kontinuierlicher Frequenzverschiebung. Sie ergibt auf den Bildschirmen der Schiffsradargeräte (→ Radar) eine Peilung (Standlinie).

Ramme, **Gerüstramme**, eine Einrichtung zum Eintreiben von Pfählen (daher auch **Pfahlramme** genannt) und Spundwandbohlen. Fälschlicherweise werden oft auch → Stampfer als R.n bezeichnet. Nach der Art der Energieerzeugung unterscheidet man verschiedene Bauarten von R.n. Bei den **Freifallrammen** wird ein eiserner Klotz, der Bär (Masse 1 bis 10 t), längs einer Führung (Läuferrute oder → Mäkler) an einem Seil hochgezogen, ausgeklinkt und fällt frei herab (2 bis 15 m tief). Freifallrammen sind veraltet, werden aber noch häufig eingesetzt. Bei **Dampf-rammen** ist der Bär als Einzylinderdampfmaschine, bei den **Druckluftrammen** als Druckluftmaschine ausgebildet; der auf dem Pfahl

ruhende Kolben dient als Führung für den auf und ab schlagenden Zylinder. Bei den **Dieselrammen** wird wie beim Dieselmotor in einem Zylinder Dieselloftstoff in Luft eingespritzt, die durch den sich im Innern des Zylinders bewegenden Kolben verdichtet wurde. Der Dieselloftstoff entzündet sich in der verdichteten Luft und treibt den Kolben nach oben, der dann beim Herabfallen den Schlag ausübt. Dieselrammen haben große Verbreitung gefunden. Bei den **Vibrationsrammen** (Abb. 1) ist der Bär ein → Vibrator, dessen Unwuchten die notwendige Rammenergie erzeugen. Man unterscheidet die größeren Vibrationsbären, bei denen die Unwucht fest mit dem einzutreibenden Pfahl verbunden ist, und die kleineren Vibrationshämmer, bei denen ein stählernes Schlagstück laut hörbar ständig auf den Pfahl schlägt. Der Antrieb von Vibrationsrammen erfolgt meist mittels eines Elektromotors. Als Halterung der Vibrationsrammen dienen leichte Gerüste oder Krane (Mobil-, Auto- oder Raupenkrane, auch Derrickkrane). Unter Umständen bestehen die Rammgerüste für die Vibrationsrammen und Dieselbären sowie für die Schnellschlaghämmer nur aus leichten Mäklerteilen.

Eignen sich Rammgerüste besonders zum Rammen von Pfählen in einer Reihe, spricht man von **Reihenrammen**, sind sie drehbar, von **Drehrammen** (Abb. 2). Die Rammgerüste lassen sich neigen, so daß die Pfähle auch schräg, seltener waagrecht eingerammt werden können. Zum Teil setzt man R.n auch zum Ziehen nicht mehr benötigter Pfähle ein, → Pfahlzieher.

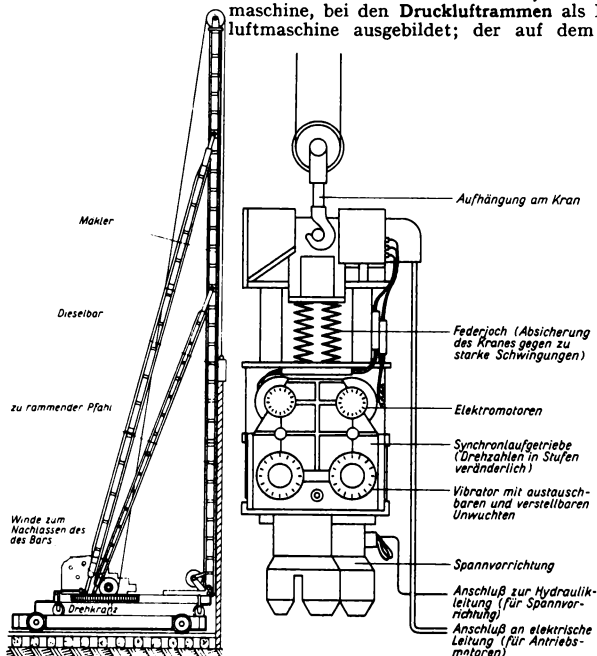
R.n sind meist schienengebunden, seltener mit Gleisketten ausgerüstet; daneben gibt es ortsfeste und auf Kufen zu verschiebende R.n. Für Wasserbauten werden R.n auf Pontons (Schwimmkörper) eingesetzt (Schwimmrammen).

Rändeln, ein Oberflächenwalzverfahren. Ein Rändel, eine gezahnte Rolle, wird gegen das Werkstück gedrückt, wobei sich die Zähne im Werkstoff abzeichnen. Kreuzrändel weisen neben achsenparallelen auch senkrecht zur Achse verlaufende Zahnreihen auf und ähneln somit der zum → Kordeln verwendeten Kordel. Durch R. werden z. B. Griffflächen an Reißzeugen aufgeraut und Läuferrollen von Elektromotoren zur Befestigung der Ankerbleche bearbeitet. In der feinmechanischen Fertigung werden Rändel auch gestoßen und die Werkstücke hierzu auf einem Teilkopf befestigt.

Rangieren, im Eisenbahnbetrieb die Umordnung der Wagen zur Zugbildung und -zerlegung sowie zur Bedienung der Lade- und Anschlußgleise. Das R. erfolgt auf verschiedene Arten. Das **Umsetzen** mit angekuppelter Lokomotive ist am schonendsten, aber auch am zeitraubendsten. Beim **Zwangsablauf** wird der Wagen aus dem Zugverband gelöst, bleibt aber mit einer Führung (z. B. Seilzuganlage) in Verbindung. Der **freie Ablauf** kann durch **Abstoßen** oder **Ablaufen** (→ Ablaufberg) erfolgen. Beim **Abstoßen** mit Beschleunigung einer Wagengruppe und starker Abbremsung, nach der die vorher abgekuppelten Wagen ihrem Ziel zurollen, werden Ladung, Fahrzeug- und Gleismaterial stark beansprucht. Unter einfachen Verhältnissen kann das R. auch mit Menschen- oder Tierkraft oder mit Hilfe besonderer Wagenschieber erfolgen. Es sind dies auf oder neben dem Gleis fahrende Geräte (z. B. Einradwagenschieber) mit Motorantrieb oder Spezialschlepper, die sich jedoch nur für kürzere Bewegung weniger Wagen eignen.

Abgestoßene oder ablaufende Wagen werden durch Hemmschuhe, Wagenbremsen oder Gleisbremsen aufgehalten. Die Rangiergeschwindigkeit beträgt maximal 20 km/h.

Lit. Rangierdienst, Stufe III (Leipzig 1959).



Drehramme mit Dieselbär (links) und Vibrationsramme (Vibrationsbär; rechts)

Rangierfunk, ein nichtöffentlicher beweglicher Landfunk für die Zwecke der Eisenbahn. Der R. dient als Sprechfunkverbindung (→ Sprechfunk) zwischen dem Personal der Rangierlokomotive und dem sonstigen Rangierpersonal (Aufsicht, Stellwerkpersonal oder Weichensteller u. a.).

°Rank, altes Kurzz. für Grad Rankine, → Rankineskala.

Rankineskala, nach dem schottischen Ingenieur W. Rankine benannte, auf den absoluten Nullpunkt (0 °K) als null Grad Rankine bezogene absolute Temperaturskala. Der Grad Rankine (Kurzz. °R, früher auch °Rank) ist die Einheit der thermodynamischen Temperatur in England und den USA, sie wird besonders in der Wissenschaft angewendet. Das Verhältnis der R. zur Fahrenheitskala ist das gleiche wie zwischen der Kelvin- und der Celsiusskala des Internationalen Einheitensystems. Temperaturdifferenzen werden mit dem Kurzz. degR (Rankine degree) angegeben; 1 degR = $\frac{5}{9}$ grd. Umrechnung von Temperaturangaben: $T^{\circ}R = \frac{5}{9} T^{\circ}K = \frac{5}{9} (t - 491,67)^{\circ}C$ (T = absolute Temperatur, t = Celsius-Temperatur).

Ranquesches Wirbelrohr, eine Vorrichtung zum Trennen eines Gasstroms in einen wärmeren und einen kälteren Teilstrom. Das R. W. besteht aus einem Hohlzylinder (Rohr) mit verdeckten Stirnflächen, an dessen einem Ende tangential der Gasstrom eingeblasen wird. Dadurch wird ein zur Rohrachse koaxialer Gaswirbel erzeugt. Das warme Gas sammelt sich dabei an der Rohrwand und das kalte in der Umgebung der Rohrachse. Durch eine feine axiale Bohrung in der Nähe der Einblasöffnung kann das kalte Gas ausströmen, während das warme Gas das Wirbelrohr am anderen Ende verläßt. Zur Kälteerzeugung besitzt dieses Verfahren heute noch keine technische Bedeutung, da der Wirkungsgrad im Vergleich zu anderen Kältemaschinen gering ist.

Ranzigwerden, → Fette und fette Öle.

Rapsöl, → Fette und fette Öle.

Raschel, Raschelmachine, eine Wirkmaschine, → Wirkerei.

Raschigringe, → Füllkörper.

Raschig-Verfahren, → Phenol.

Raseneisenerz, → Limonit.

Rasothermglas, Wz., → Glas.

Raspel, eine Feile, → Feilen.

Raster, 1) graphische Technik: das auf einer oder zwei miteinander verkiteteten Glasplatten oder auf einer glasklaren Folie angebrachte Gittersystem aus scharf begrenzten oder auch verlaufenden Linien (Kreuzraster), seltener aus Punkten oder aus unregelmäßigem Korn (Kornraster). Der R. dient bei der Reproduktionsphotographie zum Zerlegen von Halbtönen in Punkte als Druckelemente beim Hochdruck (→ Autotypie), Flach- und Durchdruck oder in Stege zur Führung der Rakel beim Tiefdruck. Bei Kreuzrastern gibt man zur Unterscheidung die Zahl der Linien/cm an (20 bis 120) und spricht z. B. von 48er Raster.

2) Bauwesen: ein ebenes oder räumliches Gitter aus parallelen, sich rechtwinklig kreuzenden Rasterlinien, deren Abstände der Grundeinheit (Modul) der → Maßordnung oder einem Vielfachen der Grundeinheit entsprechen. Der R. wird bei Entwurfsarbeiten für Grundriß, Aufriß und Schnitt zugrunde gelegt. Die Bauelemente müssen dem festgelegten R. entsprechen.

Rasterätzung, svw. → Autotypie.

Rastermikroskop, ein Mikroskop (Elektronenmikroskop oder Fernsehmikroskop), bei dem die für das Fernsehen entwickelte Methode der Bildabtastung angewendet wird. 1) Beim normalen Durchstrahlungselektronenmikroskop wird das Auflösungsvermögen mit dadurch begrenzt, daß die am Objekt gestreuten Elektronen Energie

(Geschwindigkeit) verlieren, damit ihre Wellenlänge ändern und dann, da die Elektronenoptik nicht über Achromate verfügt, mit Farbfehler behaftet abgebildet werden. Dies kann umgangen werden, wenn man dafür sorgt, daß die Elektronen nach dem Durchgang durch das Objekt keine Linsen mehr zu passieren brauchen. Hierzu erzeugt man mittels vor dem Objekt angeordneter Elektronenlinsen einen äußerst schmalen Elektronenstrahl (Sonde) und führt diesen wie beim Fernsehen zeilenweise über das Objekt. Die durch das Objekt hindurchgehenden Elektronen werden mit Hilfe eines Sekundärelektronenvervielfachers verstärkt und zur Helligkeitssteuerung einer Braunschen Röhre herangezogen, in der ein starker Elektronenstrahl im gleichen Ablenkrhythmus über den Leuchtschirm geführt wird. So entsteht ohne den störenden Farbfehler ein vergrößertes Bild, dessen Auflösungsvermögen von der Größe der Elektronensonde abhängig ist.

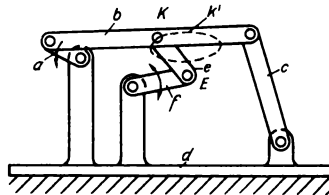
Das R. hat bisher nur geringe praktische Anwendung gefunden, da das Durchstrahlungsmikroskop trotz der Linsenfehler besser auflöst. Im Zusammenhang mit der Benutzung der Elektronensonde zur Röntgenanalyse im Mikrobereich erzeugt man oft mit dem am massiven Objekt gestreuten, sekundär emittierten oder absorbierten Elektronen ein Rasterbild, das im Bereich lichtmikroskopischer Vergrößerungen eine gute Orientierung auf dem unter Vakuum liegenden Objekt erlaubt. Neuerdings gibt es spezielle **Rückstrahl-Raster-Elektronenmikroskope**, die bei hoher Tiefenschärfe bis 10 nm (Nanometer) auflösen.

2) Beim Fernsehmikroskop mit Licht (sichtbares Licht oder UV-Licht) wird der gerasterte Leuchtpunkt einer speziellen Oszillographenröhre über eine Mikroskopoptik stark verkleinert auf das Objekt abgebildet (flying spot). Das reflektierte oder durchgelassene Licht steuert über einen Sekundärelektronenvervielfacher die Bildröhre aus.

Rasterprojektion, eine Reproduktionstechnik zur Herstellung großformatiger Drucke, vor allem Plakate. Hierbei wird ein kleineres, sorgfältig retuschiertes Rasternegativ der Vorlage (mit sehr feinem Raster) in der gewünschten Größe auf lichtempfindliches Material projiziert. Das so gewonnene Rasterdiapositiv dient als Kopiervorlage für den Offsetdruck. Der sich hier ergebende grobe (20- bis 30er) Raster läßt einen Druck mit sehr satten Farben zu, wodurch die Wiedergabe sehr plastisch wirkt.

Rasterverfahren, → Farbenphotographie.

Rastgetriebe, ein Getriebe, bei dem das Abtriebsglied einen oder mehrere Stillstände bei gleichmäßig bewegtem Antrieb aufweist. R. können → Kurbelgetriebe, → Kurvengetriebe u. a. sein. Bei einem **Koppelrastgetriebe** (Abb.), einer Sonderform eines Kurbelgetriebes, ist ein Teil einer Koppelkurve k (→ Koppel) angenähert ein Kreisbogen. So lange der Koppelpunkt K sich auf diesem Kreisbogen bewegt, bleibt das in seinem Zentrum (Mittelpunkt) liegende Gelenk E und damit die Abtriebschwinge f in Ruhe (Rast).



Koppelrastgetriebe. a Kurbel, b Koppel, c Schwingen, d Gestell, e Übertragungsstück, f Abtriebschwinge, K Koppelpunkt, k Koppelkurve, E Gelenk

Rastlinien

Rastlinien, → Dauerschwingfestigkeit.

Rastral, → Notensicht.

Radiodetektor, → Demodulation.

rationale Rechenoperationen, die vier Grundrechenarten Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division. Jede Operation, die sich auf die Anwendung endlich vieler r.r. R. zurückführen läßt, heißt rational.

rationale Zahl, → Zahl.

Rationalisierung, in der Wirtschaft die Gesamtheit der Maßnahmen, die auf eine zweckmäßigere, ökonomischere Gestaltung der Produktionsprozesse und Arbeitsgänge gerichtet sind. Dazu gehören Maßnahmen zur Einführung und Anwendung der modernsten Technik, der modernsten Organisationsformen und Leitungsmethoden, zur Vervollkommen der Arbeitsbedingungen u. a. Ziel und Auswirkung der R. werden starkstens vom Charakter der Produktionsverhältnisse bestimmt. Während die R. im Kapitalismus die Ausbeutung der Arbeiter bei gleichzeitiger Steigerung der kapitalistischen Profite vergrößert, verbessert die R. im Sozialismus die Arbeitsbedingungen und erhöht den Nutzeffekt der menschlichen Arbeit als Voraussetzung für die planmäßige Steigerung des Nationaleinkommens. Die **komplexe sozialistische Rationalisierung** ist unter den Bedingungen des umfassenden Aufbaues des Sozialismus und der Durchsetzung der technischen Revolution eine Haupttrichtung der ökonomischen Politik in der DDR. Sie stellt die ökonomisch effektivste Gestaltung aller im Betrieb, im Industriezweig, im Territorium oder in der ganzen Volkswirtschaft zusammenhängenden technischen, technologischen, organisatorischen und ökonomischen Prozesse und Produktionssysteme dar, die über Zweige und Betriebe hinausgehen, und umfaßt alle Maßnahmen in den Betrieben und in der gesamten Volkswirtschaft, die ergriffen werden, um — ausgehend von volkswirtschaftlichen Zielstellungen — mit den vorhandenen Arbeitskräften und den vorhandenen Produktionsausrüstungen und Rohstoffen den Reproduktionsprozeß als Ganzes effektiver zu gestalten.

rational machen, das Beseitigen der in einem Ausdruck vorkommenden Radikale, ohne dabei den Wert des Ausdruckes zu verändern. Den Nenner eines Bruches macht man durch geeignetes Erweitern des Bruches rational. Beispiel:

$$\frac{a}{\sqrt{2}} = \frac{a\sqrt{2}}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} = \frac{a}{2} \sqrt{2}$$

$$\frac{1}{a + \sqrt{b}} = \frac{a - \sqrt{b}}{(a + \sqrt{b})(a - \sqrt{b})} = \frac{a - \sqrt{b}}{a^2 - b}$$

Ratsche, ein Zahnkranz mit ein- oder ausschaltbarer Sperrklinke zum Feststellen eines Getriebeteiles, z. B. der Handbremse beim Kraftwagen.

Rauchgase, die flüchtigen Verbrennungsprodukte fester Brennstoffe. R. enthalten im wesentlichen Kohlendioxid (als das eigentliche Ergebnis der Verbrennung), Stickstoff (aus der Verbrennungsluft), Wasserdampf (aus der Feuchtigkeit und dem oxydierten Wasserstoff im Brennstoff) und nicht verbrauchte Luft. Bei Verbrennung unter Luftmangel treten in den R. auch Methan, Wasserstoff und das giftige Kohlenmonoxid auf. Ein Teil der in den Brennstoffen enthaltenen Schwefelverbindungen wird zu Schwefeldioxid und -trioxid oxydiert. R. haben eine graue bis dunkle Farbe, was auf Feststoffe (Ruß, Flugasche) oder auf Teerdämpfe zurückzuführen ist. Der Wärmeinhalt der R. hängt ab von Heizwert und Wassergehalt des Brennstoffes sowie vom Luftüberschuß, der z. B. bei stückiger Steinkohle rund 40 % und bei Kohlenstaub rund 15 % über der chemisch nötigen Verbrennungsluftmenge liegt. Die Analyse der R. erfolgt durch den → Rauchgasprüfer. Die R.

werden zu Heizzwecken verwendet, wobei sie ihre Wärme an die Schamottewandungen von Öfen oder Dampfkesseln und bei letztgenannten an das zu verdampfende Wasser abgeben. Ferner dienen sie zum Überhitzen des Dampfes, zum Vorwärmen des Speisewassers und unter Umständen der Verbrennungsluft. Sie dürfen nicht auf eine Temperatur von unter 180 °C abgekühlt werden, da sonst der natürliche Auftrieb nicht gewährleistet ist.

Die abgehenden R. verschlechtern infolge ihrer erstickenden und giftigen Bestandteile die Atemluft, beeinträchtigen die Entwicklung der Pflanzen, vermindern die Sonnenbestrahlung, begünstigen die Nebelbildung und verursachen auf Grund des Gehalts an Schwefeldioxid und -trioxid Korrosionsschäden. Rauchschäden lassen sich z. T. vermeiden durch richtige Verbrennung, durch Abführung der R. durch besonders hohe Schornsteine, Einbau von Filtern oder elektrostatischen Rauchgasreinigern.

Rauchgasprüfer, ein Meßgerät, das vorwiegend zur Bestimmung des Kohlenmonoxid- und Wasserstoffgehalts in Rauchgasen dient. Dadurch läßt sich feststellen, ob die Verbrennung in der Feuerung eines Dampfkessels u. dgl. richtig durchgeführt ist. Bei den häufig benutzten **elektrischen R.n.** befinden sich in einem Porzellangehäuse mit zwei Kammern zwei elektrisch geheizte Glühdrähte. Die eine Kammer dient als Vergleichskammer, durch die andere strömen die Rauchgase. Hierbei ändert sich der elektrische Widerstand je nach dem Gehalt an Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Der Unterschied wird durch die Vergleichsmessung in Prozenten an einer Skala angezeigt.

rauchschwache Pulver, eine Gruppe von Explosivstoffen, deren Hauptbestandteil Zellulosenitrat ist. Die r.n. P. haben das Schwarzpulver als Schießmittel fast völlig verdrängt. Man unterscheidet:

Zellulosenitratpulver (fälschlich als **Nitrozellulosepulver** bezeichnet, abg. **Nc-Pulver**) wird durch Quellen und teilweises Lösen eines auf einen Stickstoffgehalt von 12,5 bis 13,4 % eingestellten Zellulosenitratgemisches unter Zusatz von Stabilisatoren (z. B. Diphenylamin oder Harnstoffderivate) gewonnen. Das fertige Pulver wird graphitiert, um die Gefahr der elektrischen Aufladung zu vermindern.

Ein stärkeres rauchschwaches P. erhält man durch Mischen von Zellulosenitrat mit Glycerintrinitrat (**Glycerintrinitratpulver**, fälschlich als **Nitroglycerinpulver** bezeichnet) unter Wasser. Dieses Pulver ohne Lösungsmittel (**POL-Pulver**) greift infolge seiner niedrigen Explosionstemperatur die Läufe weniger an. Diglykoldinitrat hat ein höheres Gelatinievermögen und eine weit geringere Schlagempfindlichkeit als Glycerintrinitrat; es wurde zur Herstellung von **Diglykolpulver** benutzt. Noch niedrigere Explosionstemperaturen bei stärkerer Wirkung infolge des hohen Gasvolumens hat das **Nitroguanidinpulver** („kaltes“ Pulver), d. i. Diglykolpulver mit einem Gehalt an Nitroguanidin.

In der Raketentechnik werden energiereichere r. P. als Raketentreibmittel verwendet.

Lit. → Explosivstoffe.

Rauchwacke, ein poröser → Dolomit.

Rauchwarenzurichtung, die Herrichtung von Pelztierfellen, durch die sie haltbar und verarbeitungsfähig werden. Die R. steht der → Gerberei nahe; das Haarkleid bleibt jedoch bei der R. auf dem Pelzleder und macht den entscheidenden Wert des Materials, der **Rauchware**, aus. Die Felle der wild lebenden oder in Farmen gezüchteten Pelztiere weisen hinsichtlich Färbung und Dichte (**Rauche**) des Haarkleides eine vielfältige Beschaffenheit auf. Als Wertmaßstab dient oft die Selten-

heit des Materials, wodurch Anreiz zu Nachahmungen (Imitationen) gegeben ist.

Die rohen Pelzfelle werden in Wasser *geweicht*, danach *entfleischt* oder *dünngeschnitten*, um ein leichtes, weiches, dünnledriges Erzeugnis zu erzielen. Das *Pickeln*, die Behandlung mit einer aus Kochsalz (Natriumchlorid) und Schwefelsäure bestehenden Lösung (Pickel), trägt zu einem gut aufgelockerten Fasergefüge bei. Es folgt eine Gerbung (*Beize*) mit Chrom(III)- oder Aluminiumsalzen, oft auch mit Formaldehyd. Durch *Fetten* wird die Weichheit und Geschmeidigkeit der Felle erhöht. Das Haarkleid bleibt entweder im natürlichen Farbton oder wird mit Spezialfarbstoffen *gefärbt*, oft nach vorangegangener Metallsalzbeize zur Farblackbildung. Um dunklere Felle in helleren Farbtönen ausfärben zu können, ist ein vorheriges *Bleichen* mit Wasserstoffperoxid notwendig. Zur Verbesserung der Farbstoffaufnahme wird das Haar durch Behandeln mit schwach alkalischen Substanzen, z. B. Soda, entfettet und gereinigt (*Töten der Haare*). Durch besondere Verfahren ist ein bevorzugtes Anfärben der Unterwolle oder auch ein Anfärben (*Blendern*) lediglich der Haarspitzen möglich. Oft werden auch mit Schablonen im Spritzverfahren besondere Zeichnungen aufgebracht. Das Haarkleid vieler Pelzfelle besteht aus einer dichten, flauschigen Unterwolle und enthält daneben mehr vereinzelt, über die Unterwolle hinausragende Grannenhaare, die z. T. den flauschigen Charakter überdecken. Um die dichte weiche Unterwolle in den Vordergrund treten zu lassen, werden bei bestimmten Pelzfellen die harten Grannenhaare ausgezogen (*Rupfen*) oder durch Ausnutzung ihrer größeren Sprödigkeit mit besonderen Maschinen so herausgeschnitten, daß sie die Unterwolle nicht mehr überragen (*Maschinieren*). Bei manchen Fellen wird die Länge der Haare gleichmäßig verringert (*Scheren*), wodurch ebenfalls andersartige Effekte zu erzielen sind. Ein abschließendes *Walken* in mit Sägespänen gefüllten Läutertrommeln (*Läutern*) dient der Säuberung des Haarkleides von anhaftenden Fett- und Farbstoffresten.

Lit. Lorenz: Rauchwarenkunde (2. Aufl. Berlin u. Leipzig 1958). Ztschr. Das Pelzgewerbe (Berlin u. Leipzig).

Rauhbank, ein Hobel, → Hobeln.

Rauhen, in der Textiltechnik ein Ausrüstungsverfahren zum Erzeugen eines ein- oder beidseitigen Faserflors (*Rauhflor*) bei Stoffen, der weichen Griff und besseres Wärmedämmungsvermögen verleiht. Mit *Rauhkarden*, d. s. vor dem Aufblühen geerntete Blütenköpfe der Kardendistel, oder Metallkarden, die aus gewinkelten Drahthäkchen bestehen, werden Faserenden aus der Stoffoberfläche herausgezogen.

Rauhreif, eine Form der → Hydrometeore.

Rauhtiefe, Zeichen R_t , ein Maß für die Oberflächenrauheit eines metallischen Werkstückes. Zur Bestimmung der R_t betrachtet man einen stark vergrößerten Profillausschnitt, wählt eine Bezugsstrecke S_b und legt eine mittlere Linie L_m (mittleres Profil) so durch das Profil, daß die Summen der werkstoffgefüllten Flächen über ihr

(F_1 bis F_4) und der werkstofffreien Flächen unter ihr (F'_1 bis F'_4) gleich sind. Zu dieser mittleren Linie L_m zieht man zwei parallele Linien, von denen die eine das Istprofil (Istoberfläche) im höchsten Punkt H (Rauheitsbezugsprofil L_h) und die andere im tiefsten Punkt T (Grundprofil L_g) berührt. Der Abstand der Linien L_h und L_g in μm ist die R_t (TGL 0-4762).

Rauhwaacke, ein poröser → Dolomit.

Raum, einer der grundlegenden Begriffe der Mathematik (**mathematischer R.**) und der Physik (→ Raum und Zeit). Die ersten Untersuchungen des R.es waren durch die praktischen Bedürfnisse der Menschen bedingt und erfolgten im Zusammenhang mit der Herausbildung der Geometrie. Man gelangte so zu einer Raumvorstellung, die der alltäglichen Erfahrung und der geometrischen Anschaulichkeit entsprach. Die Eigenschaften eines solchen R.es, der als dreidimensionaler **euklidischer R.** große Bedeutung erlangt hat, sind erstmalig von Euklid in seinem geometrischen System axiomatisch festgelegt worden. Durch jeden Punkt dieses R.es lassen sich drei paarweise aufeinander senkrecht stehende Geraden ziehen (aber nicht mehr als drei). Bei Verwendung dieser drei Geraden als Koordinatenachsen ist die Lage jedes Punktes des R.es durch die Angabe von 3 reellen Zahlen, seinen rechtwinkligen Koordinaten, bestimmt. Der dreidimensionale euklidische R. ist ein angenähertes abstraktes Bild des wirklichen R.es.

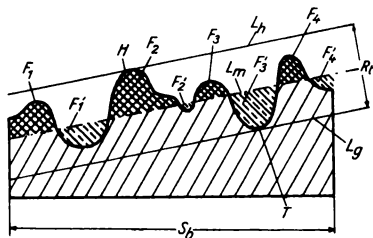
Durch die ständige Verallgemeinerung der Begriffe der Geometrie des dreidimensionalen euklidischen R.es bildete sich der allgemeine Begriff des **mathematischen R.es** heraus. Man definiert ihn als Gesamtheit (Mannigfaltigkeit) von Elementen, zwischen denen Beziehungen bestehen, die den gewöhnlichen räumlichen Beziehungen ähnlich sind, und abstrahiert dabei von den qualitativen Eigenschaften dieser Elemente, die man als „Punkte“ des R.es bezeichnet. Diese allgemeine Definition läßt erkennen, daß heute in der Mathematik die verschiedenartigsten Räume untersucht werden.

Indem man die Beschränkung auf die Dimensionszahl 3 fallen läßt, gelangt man zum abstrakten Begriff des R.es beliebiger Dimension. Ein solcher **mehrdimensionaler R.** ist z. B. der **n -dimensionale euklidische R.** Ein Punkt dieses R.es wird (analog zum dreidimensionalen euklidischen R.) durch n „Koordinaten“ x_1, x_2, \dots, x_n gegeben, wobei die x_i ($i = 1, \dots, n$) beliebige reelle Zahlen sind; den Abstand zweier Punkte $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ und $P'(x'_1, x'_2, \dots, x'_n)$ definiert man durch $\sqrt{(x_1 - x'_1)^2 + (x_2 - x'_2)^2 + \dots + (x_n - x'_n)^2}$.

Durch Definition des Abstandes wird in dem R. eine → Metrik eingeführt, der R. wird zu einem **metrischen R.** Die Geometrie befaßt sich ausschließlich mit metrischen Räumen, wobei die jeweilige Metrik die Struktur der zugeordneten Geometrie bestimmt. Die mehrdimensionalen euklidischen Räume sind wichtig bei der Behandlung von Mehrteilchenproblemen in der Wellenmechanik.

Die Entwicklung der → nichteuklidischen Geometrie führte zu den **nichteuklidischen drei- und mehrdimensionalen Räumen**, von denen besonders der Riemannsche R. (→ Riemannsche Geometrie) als grundlegendes mathematisches Hilfsmittel der allgemeinen Relativitätstheorie Bedeutung gewann.

Raumanzug, ein hermetischer Schutzanzug, den jeder Raumfahrer beim Aufenthalt außerhalb eines Raumflugkörpers sowie beim Betreten anderer Himmelskörper, die keine der irdischen ähnliche Atmosphäre besitzen, tragen muß. Der R., der den Raumfahrer gegen das Vakuum des Raumes abschließt, enthält Einrichtungen für die Sicherung der Atmung (Sauerstoffzufuhr,



Bestimmung der Rauhtiefe

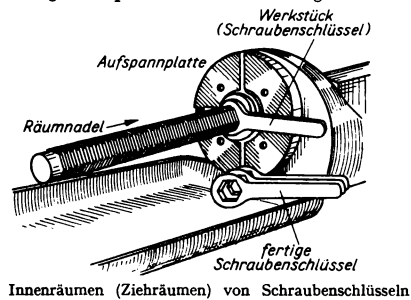
Klimaregelung), terner muß er weitgehend Schutz gegen Temperatureinflüsse und kosmische Strahlungen bieten, in beschränktem Maße auch gegen kosmischen Staub. Um eine ausreichende Bewegungsmöglichkeit des Raumfahrers zu sichern, wird der Druck im R. auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ at bei reinem O_2 -Gehalt reduziert.

Raumbeständigkeit, die Eigenschaft eines Stoffes, an Raum nicht so zuzunehmen, daß sich das Gefüge lockert, Risse entstehen usw. R. wird vor allem von erhärtenden Massen gefordert, wobei chemische Vorgänge entscheidend sind (\rightarrow Treiber bei Bindemitteln). In physikalischer Hinsicht wird absolute R. von keinem Stoff erreicht, jeder Körper dehnt sich mehr oder weniger durch Wärme aus oder zieht sich durch Kälte zusammen. Nur Stoffe mit gleicher Dehnungszahl können miteinander verbunden werden, ohne daß Spannungen auftreten. Wichtig ist eine möglichst weitgehende R. bei Baustoffen, insbesondere Bindemitteln.

Raumbildverfahren, \rightarrow Stereoskopie.

Raumchemie, svw. \rightarrow Stereochemie.

Räumen, ein Verfahren des spanenden Formens mit mehrschneidigem, stab- oder plattenförmigem Werkzeug, das nur eine in der Regel geradlinige Schnittbewegung ausführt. Das R. dient zur Herstellung von Innenprofilen (Innenräumen) und zur Bearbeitung von Außenflächen an Werkstücken (Außenräumen). Sonderverfahren sind das **Drallräumen** und das **Außenrundräumen**. Als Werkzeug wird eine **Räumnadel** oder ein **Räumdorn** aus Schnellarbeitsstahl oder neuerdings auch aus Hartmetall verwendet, deren Schneiden nacheinander in Eingriff kommen und quer zur Schnittbewegung um hundertstel bis zehntel Millimeter gestaffelt sind. Ein Räumwerkzeug ist jeweils nur für einen bestimmten Zweck, d. h. für ein bestimmtes Werkstückprofil vorgesehen. Deshalb sind sinnvolle Konstruktion des Werkzeuges und richtige Auslastung jedes Zahnes in bezug auf Spanabnahme notwendig.



Die Räumnadel bzw. der Räumdorn sind in der **Räummaschine** in einem Räumschlitten befestigt, der meistens hydraulisch, seltener durch Zahnstange und Zahnrad, Schraubenspindel und Mutter bewegt wird. Beim Innenräumen wird die Räumnadel durch ein vorgebohrtes Loch hindurchgezogen (**Ziehräumen**), der Räumdorn hindurchgedrückt (**Druck- oder Stoßräumen**). Beim Außenräumen wird das Räumwerkzeug entsprechend am Werkstück entlanggezogen oder -gedrückt. Umgekehrt wird in der Kettenräummaschine das Werkstück an Ketten an dem feststehenden Räumwerkzeug entlanggezogen.

Lit. Berthold: Hobeln – Stoßen – R. (4. Aufl. Leipzig 1952); Sergienko u. Nesabytowski: R. und Räumwerkzeuge (dtisch Leipzig 1955).

Raumfahrt (Tafeln 18, 19, 37, 56), **Kosmonautik** (nach dem Russischen kosmonawtika), **Astronautik** (nach dem Englischen astronautics), die Durchquerung des Raumes außerhalb der Lufthülle der Erde mit Hilfe von künstlichen **Raumflugkörpern**, d. h. mit künstlichen \rightarrow Erdsatelliten,

\rightarrow Raumsonden und Raumschiffen. Die Raumflugkörper sind entweder mit automatisch arbeitenden Geräten ausgerüstet (z. B. Meßsatelliten, Meßsonden) oder werden von Menschen (Kosmonauten, Astronauten) gesteuert (bemannte Raumschiffe). Ziele der R. sind die Erforschung des interplanetaren bzw. des interstellaren Raumes sowie anderer Himmelskörper, vor allem des Mondes, der Planeten und deren Trabanten, der Sonne und der Kometen und nicht zuletzt der Erde. Spätere Ziele werden die Nutzbarmachung dieser Himmelskörper für den Menschen und schließlich die Ausdehnung des menschlichen Lebensraumes auf das ganze Sonnensystem sein, soweit es sich als geeignet erweist.

1) Bedeutung und Nutzen der R. Die unmittelbare wissenschaftliche Bedeutung der R. ist außerordentlich groß. Geophysik, Geologie, Geographie und Meteorologie werden mit Hilfe der R. viele noch bestehende Probleme lösen. Die Beobachtung der Erde aus größerer Entfernung verspricht wertvolle Ergebnisse, und auch der Vergleich mit den ähnlich gebauten und ähnlich entstandenen anderen Himmelskörpern wird sehr interessant sein. Astronomie und Astrophysik, die bisher lediglich auf Beobachtungen von der Erde aus angewiesen waren, erhalten durch die R. die Möglichkeit, unmittelbar an die Objekte ihrer Forschungen heranzukommen und sie experimentell zu untersuchen.

Wesentliche Erkenntnisse sind besonders auf folgenden Gebieten zu erwarten: 1) *Im interplanetaren Raum* a) die Untersuchung der primären kosmischen Ultrastrahlung (von der Erde aus nicht möglich, weil das Magnetfeld und die Lufthülle der Erde Charakter und Zusammensetzung dieser Strahlung völlig verändern); b) die Untersuchung des interplanetaren Staubes (Mikrometeorite, Zodiakallichtmaterie) hinsichtlich Dichte, Masse- und Impulsverteilung; c) die Untersuchung der Sonnen- und Sternstrahlung in Spektralbereichen, die durch die Erdatmosphäre absorbiert werden (besonders der Ultraviolett- und Röntgenstrahlung, ferner großer Teile des infraroten Spektrums und des Gebietes langer Radiowellen); d) die Untersuchung der Dichte, Zusammensetzung und Energieverteilung der Korpuskularströme, die von der Sonne ausgehen (Sonnenwind, Solarplasma, interplanetäres Gas); auf der Erde kann man diese Plasmaströmungen nur indirekt aus ihren Wirkungen erschließen, z. B. den magnetischen Stürmen und Polarlichtern; e) die Klärung der Frage nach der Existenz und den Eigenschaften allgemeiner Magnetfelder im interplanetaren Raum.

2) *Auf anderen Himmelskörpern* a) die Untersuchung der genauen Größe, Gestalt und Masse des Mondes und der Planeten; b) die Klärung zahlreicher anderer Fragen, die von der Erde aus nur schwer oder überhaupt nicht gelöst werden können, z. B. der Struktur der Rückseite des Mondes und der Rotation der Venus; c) die Untersuchung von Dichte und Zusammensetzung der Atmosphäre anderer Planeten (bisher nur sehr lückenhaft bekannt) sowie meteorologischer Vorgänge; d) die Untersuchung der Frage nach der Existenz und den Eigenschaften von Magnetfeldern anderer Himmelskörper; e) die Untersuchung der Topographie der Planetenoberflächen (wegen der großen Entfernungen und der Wolkenbedeckung vieler Planeten ist außer bei Mars darüber fast nichts bekannt) einschließlich der Frage nach dem vorhandenen Wassergehalt und der Existenz freier Wasserflächen; f) die Untersuchung der Planetenkörper selbst, der chemischen Zusammensetzung der Oberflächen-gesteine, der Frage nach dem Vorkommen vulkanischer Vorgänge, der Tektonik, der möglichen Schalenstruktur der Planeten u. a.; g) die direkte Untersuchung der Kometenkerne und Kometen-

schweife; h) die Erforschung der Sonnenkorona und der Sonnenatmosphäre.

3) Klärung wichtiger Probleme ähnlicher Art in bezug auf die Erde, z. B. der Fragen nach der genauen Gestalt der Erde und der Masseverteilung im Erdinnern, nach dem Magnetfeld der Erde, dem großräumigen Wettergeschehen und der Beschaffenheit der oberen Atmosphärenschichten und der Strahlungsgürtel.

Auch anderen Wissenschaften mit bisher rein terrestrischem Blickfeld, z. B. der Biologie, wird sich dabei eine kosmische Perspektive eröffnen; die Frage nach der Existenz von Lebewesen auf anderen Himmelskörpern, deren Merkmalen und Entwicklungsgeschichte gehört zu den wichtigsten, die von der R. beantwortet werden können. Später wird der Weltraum selbst außerordentlich interessante Möglichkeiten bieten, z. B. für wissenschaftliche Experimente der Physik, Chemie und Biologie unter den Bedingungen Höchstvakuum in großen Räumen und Schwerelosigkeit. Die Astronomie erhält ideale Beobachtungsbedingungen.

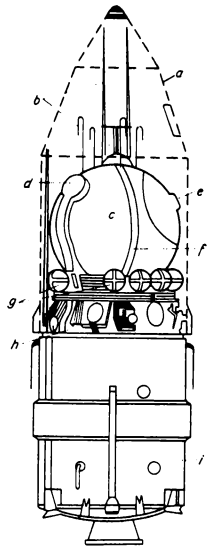
Über ihre rein wissenschaftliche Bedeutung hinaus wird die R. in späterer Zeit große wirtschaftliche Perspektiven eröffnen. Hierbei ist vor allem an die Erschließung von Energie- und Rohstoffquellen zu denken. Schon jetzt hat jedoch die R. umfangreiche wissenschaftliche Ergebnisse und einen erheblichen praktischen Nutzen gebracht. Künstliche → Erdsatelliten ermittelten die Dichte, Zusammensetzung und Temperatur der oberen Atmosphärenschichten und entdeckten die starke Abhängigkeit dieser Parameter von der Tageszeit, der Sonnenaktivität u. a. Die Ausdehnung des geomagnetischen Feldes in den Weltraum konnte bestimmt werden (Magnetosphäre), und die Entdeckung der Strahlungsgürtel der Erde (Van-Allen-Gürtel), die aus schnellen, im Magnetfeld eingefangenen Teilchen bestehen, war einer der wichtigsten Erfolge der R. Ebenso konnten erstmalig Daten über den interplanetaren Raum, der von solaren Plasmawolken wechselnder Dichte (Sonnenwind) durchzogen wird, gewonnen werden. Interessante Ergebnisse brachten auch die Untersuchungen der primären kosmischen Strahlung und der Meteoritenverteilung. Unsere Kenntnisse über die Planeten Venus und Mars konnten erweitert werden. Das Gravitationsfeld der Erde und damit die Masseverteilung in der Erde wurden weitaus genauer ermittelt als bisher. Weiterhin gelang es, Informationen über die Struktur der Rückseite des Mondes, die Feinstruktur seiner Oberfläche sowie über Strahlungen und Felder in der Umgebung des Mondes zu bekommen. Mit Hilfe von → Wettersatelliten kann heute das Wetter auf der gesamten Erde einheitlich überwacht und z. B. die Entstehung gefährlicher Wirbelstürme viel früher erkannt werden als bisher. Die → Nachrichtensatelliten ermöglichen die interkontinentale Übertragung von Fernseh-, Radio- und anderen Sendungen, ferner können künstliche Erdsatelliten für sehr genaue Positionsbestimmungen von Schiffen und Flugzeugen als Navigationshilfen eingesetzt werden. Von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung ist der außerordentlich große indirekte Nutzen der R. für viele Zweige der Technik, der durch extreme Forderungen entsteht, die die R. an Neuentwicklungen stellt, z. B. an die Mikroelektronik (Bau von elektronischen Geräten mit möglichst kleiner Masse und geringem Strombedarf bei hoher Betriebssicherheit) und an die Technologie (Entwicklung von Materialien hoher Hitzebeständigkeit). Dadurch wurde die R. eine Triebkraft für die technische Weiterentwicklung. Auch die medizinische Forschung hat wertvolle Erkenntnisse von allgemeiner Bedeutung aus den biologischen Weltraumexperimenten gewonnen.

II) Wissenschaftliche und technische Voraussetzungen der R. Die Hauptschwierigkeit für eine Realisierung der R. besteht zunächst darin, daß die Erdoberfläche, der Ausgangspunkt jeder R., gegenüber dem Weltraum ein tiefes negatives Energiepotential besitzt, das durch das Gravitationsfeld der Erde entsteht. Jedes Raumfahrzeug, das fremde Himmelskörper erreichen will, muß zunächst aus diesem „Potentialtrichter“ herauskommen. Dazu ist für jedes Kilogramm Masse eine Energie von wenigstens $E_0 = 62,566 \text{ MJ}$ (Megajoule) aufzubringen. Genaugenommen hängt diese Minimalenergie noch ein wenig vom Startplatz ab (wegen der Abweichung der Erde von der Kugelgestalt), außerdem wird sie etwas verkleinert bei Ausnutzung der Energie der Erdrotation (Start in Rotationsrichtung) und durch die Überlagerung fremder Gravitationsfelder (z. B. des Mondes), wodurch die Potentialschwellen zwischen den Himmelskörpern erniedrigt werden; andererseits vergrößert der Luftwiderstand den erforderlichen Energieaufwand.

Der Wert von E_0 ist sehr groß: vergleichsweise enthält 1 kg eines Alkohol-Sauerstoff-Gemischs (als Treibstoff) im richtigen Mischungsverhältnis nur 8,7 MJ chemische Energie. Rechnet man die Energie E_0 in Geschwindigkeit um, so erhält man 11,186 km/s, die 2. → kosmische Geschwindigkeitsstufe, mit der ein Körper auf einer parabolischen Bahn aus dem Schwerfeld der Erde herausgeschleudert werden kann. Es ist jedoch zu beachten, daß dieser Geschwindigkeitswert keinen Minimalcharakter hat wie E_0 , d. h., man kann ein Raumfahrzeug auch mit viel kleinerer Geschwindigkeit in den Raum befördern, doch wird dann der Energieaufwand noch erheblich größer als E_0 . Energetisch am günstigsten ist eine möglichst rasche Beschleunigung des Raumfahrzeuges auf die parabolische Geschwindigkeit.

An den Antriebsmechanismus des Raumfahrzeuges ist also die Anforderung zu stellen, daß er die Nutzlast auf eine Geschwindigkeit von mehr als 11 km/s beschleunigen kann und daß er im luftleeren Weltraum ebenso wirksam ist wie in der Erdatmosphäre. Weiterhin muß die Möglichkeit bestehen, das Raumfahrzeug unterwegs zu steuern, da der Start nicht immer genau genug kontrolliert werden kann, so daß bei längeren Flügen Abweichungen von der Sollbahn korrigiert werden müssen. Der einzige Antriebsmechanismus, der dies leistet, ist der **Raketenantrieb** (→ Rakete). Da der Energieinhalt der zur Zeit verfügbaren chemischen Treibstoffe für die Raketen verhältnismäßig gering ist, muß sehr viel Treibstoff mitgeführt werden. Das bedeutet aber, daß das Verhältnis der Treibstoffmenge zur Nutzlast sehr groß wird und der Wirkungsgrad der Rakete sehr ungünstig ist. Man hilft sich, indem man **Mehrstufenraketen** (→ Stufenprinzip) verwendet. Beim Start solcher Raketen arbeitet zuerst die unterste, größte Stufe, die dabei alle übrigen Raketenstufen als Nutzlast trägt. Ist der Treibstoffvorrat dieser Stufe verbraucht, so löst sie sich von den anderen Stufen und fällt zur Erde zurück. Dann beginnt die nächste Raketenstufe zu arbeiten usw.; die letzte Stufe erreicht schließlich bei Brennschluß die vorgesehene Endgeschwindigkeit. Von ihr wird darauf die Nutzlast abgetrennt, oder die Endstufe ist selbst Nutzlast. Um die Verwendung der komplizierten Vielstufenraketen zu umgehen, ist die Suche nach wirksameren Treibstoffen sehr wichtig, und erst die Verwendung der Kernenergie wird vermutlich das Energieproblem der R. endgültig lösen.

Im Flug jeder Raumrakete unterscheidet man einen aktiven und einen passiven Teil. Auf dem **aktiven Teil der Bahn** arbeiten die Raketen-

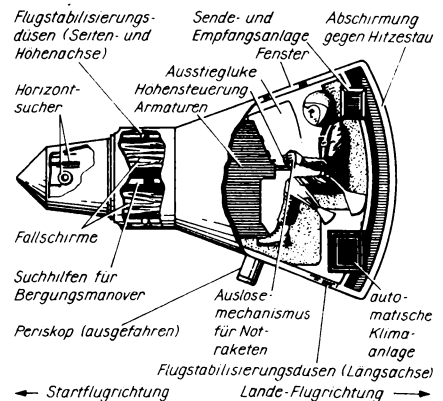


1 Aufbau der Raumflugeinheit „Wostok 1“. a abwerfbarer Schutzkegel, b Antennen, c Raumkabine, d Schwenkarm mit Abstreifkontakten, e Luke mit Sichtfenster, f Spannbänder zum Verbinden mit der Gerätezelle, g Druckgasbehälter für Klimaanlage, h Gerätezelle mit Energieversorgungsanlage, Steuerungseinrichtung, Anlagen für Rückführungsvorgang, Sender u. a., i Endstufe der Trägersrakete

triebwerke; er beginnt beim Start und endet bei Brennschluß. Dabei steigt die Geschwindigkeit der Rakete stetig an. Die Brennschlußgeschwindigkeit ist gewöhnlich auch die (oder eine) Maximalgeschwindigkeit des Raumfahrzeuges; allerdings ist sie infolge der Gravitationskräfte und der Bremswirkung der Atmosphäre normalerweise kleiner als die „ideale“ Geschwindigkeit, die die Rakete erlangen würde, wenn sie im schwerkraftfreien Raum denselben Treibstoff verbrannt hätte. Auch bei der Landung kann es aktive Bahnteile geben. Während der gesamten Zwischenzeit fliegt die Rakete dagegen ohne Antrieb wie ein Geschöß weiter (*ballistische Flugbahn*), ihre jeweilige Geschwindigkeit und die Bahnform werden nur durch die Brennschlußgeschwindigkeit und den Einfluß der Schwerefelder benachbarter Himmelskörper bestimmt. Dieser *passive Teil der Bahn* ist der bei weitem längste Flugabschnitt; je nach Flugziel dauert er Stunden bis Jahre, während die Brenndauer nur Minuten umfaßt. Bei Verwendung von Ionen- oder Plasmatriebwerken (→ Rakete) kann dieser Unterschied allerdings weitgehend verschwinden; dann wirkt während der gesamten oder fast der gesamten Flugdauer ein (geringer) Schub auf das Raumfahrzeug ein.

Von großer Bedeutung sind auch die Fragen der Stabilisierung des Raumschiffes sowie seiner Ortung und Steuerung. Da schon geringste Abweichungen vom Kurs während der Brennzeit der Rakete, kleine Änderungen in der Brenndauer usw. die spätere Bahn des Raumschiffes beträchtlich beeinflussen können, muß die Steuerung weitgehend automatisiert werden. Entsprechend der vorausgegangenen Berechnung wird für den Brennvorgang ein genaues zeitliches Programm aufgestellt, dessen Einhaltung die Rakete auf die richtige Bahn bringen muß. Die Schalt- und Steuerbefehle dieses Programms werden in der Rakete z. B. elektronisch oder magnetisch gespeichert und steuern nach dem Start den Flug des Fahrzeuges (*Programmsteuerung*). Um dabei sicher zu sein, daß der Sollzustand auch wirklich erreicht wird, enthält die Steueranlage eine elektronische Einrichtung, die den Istzustand, der von Ortungsgeräten geliefert wird, ständig mit dem Sollzustand vergleicht und Abweichungen sofort durch Steuerkommandos korrigiert. Neben dieses automatische Steuerungssystem an Bord des Raumfahrzeuges kann noch eine *Kommandosteuerung* von der Erde aus treten, wobei durch ein Netz von Ortungsstationen der Flugverlauf kontrolliert wird und bei Abweichungen vom Programm durch Funksignale Steuerkommandos zur Rakete gesendet werden. Die Bahnkorrekturen werden mittels Steuertriebwerken, mittels Strahlrudern oder mittels schwenkbarer Brennkammern ausgeführt. Auch auf dem passiven Teil der Flugbahn können Bahnkorrekturen nötig werden. Die Ortungsgeräte an Bord der Rakete bestehen aus Kreiselssystemen und Beschleunigungsmessern, die auf der aktiven Flugbahn über elektronische Integratoren Größe und Richtung der Geschwindigkeit und den Ort des Raumschiffes zu jedem Zeitpunkt bestimmen; bei bemannten Raumfahrzeugen ist außerdem auf dem passiven Teil des Fluges eine optische oder funkttechnische Ortung relativ zu den benachbarten Himmelskörpern unerlässlich. Zur Kontrolle der räumlichen Lage von Raumflugkörpern werden weitgehend photoelektrische → Sensoren eingesetzt, die auf Helligkeitsänderungen ansprechen (z. B. Horizont-, Sonnen-, Mondsensoren). Von der Erde aus kann die Ortung ebenfalls durch optische Beobachtung (Photographie mit lichtstarken Kameras, Reflexion von Laserstrahlung) oder durch aktive (Radar) oder passive funkttechnische Verfahren vorgenommen werden, in letzterem

Falle besonders mit Hilfe von Messungen des Doppler-Effektes an den vom Sender des Raumfahrzeuges ausgesandten Signalen. Für die **Stabilisierung und Lageregelung** können folgende Verfahren eingesetzt werden: Drallstabilisierung (raumfest), Gravitations-Gradienten-Stabilisierung (Ausrichtung zur Erde), aktive Stabilisierung und Lageänderung durch kleine Triebwerke, Kaltgasdüsen, Iontriebwerke, eventuell auch durch Schwungräder (für raumfeste Lage, Ausrichtung zur Erde, zur Sonne oder zum Mond, Ausrichtung tangential zur Bahn), bei Erdsatelliten in niedrigen Bahnen auch durch aerodynamische Kräfte; ferner gibt es Strahlungsdruck-Stabilisierung. Zur Dämpfung von unerwünschten Drehbewegungen kann auch das Magnetfeld der Erde herangezogen werden. Die für die elektronischen Geräte u. a. benötigte Energie kann weitgehend aus Sonnenenergie oder mittels chemischer Batterien, Brennstoffzellen oder Radionuklidbatterien, in Zukunft auch durch Kernreaktoren erzeugt werden. Weiteres → Raumfahrt-Navigation.



2 Raumschiff („Mercury“-Raumkapsel) im Längsschnitt

III) Lebensbedingungen außerhalb der Erdatmosphäre. Diese Bedingungen, mit denen sich die **Kosmobiologie (Weltraumbiologie)** und die **Raumfahrtmedizin** beschäftigen, sind für den Menschen und die meisten irdischen Organismen ausgesprochen lebensfeindlich; der Aufenthalt im Raumfahrzeug, im Weltraum selbst und auf anderen Himmelskörpern erfordert deshalb zahlreiche Schutzmaßnahmen. Um diese Erfordernisse praktisch zu erproben, ahmt man auf der Erde einzelne Weltraumbedingungen künstlich nach; außerdem werden bei Raketenanstiegen verschiedene Tiere (z. B. Affen, Hunde, Mäuse) in große Höhen befördert, um die Verträglichkeit dieser Bedingungen festzustellen. Eine noch bessere Möglichkeit, die Einwirkung der Weltraumbedingungen auf zahlreiche Organismen eingehend zu studieren, bieten biologische Satelliten, z. B. Sputnik 2, Raumschiff-Sputnik 2 bis 6, Kosmos 110, da die in ihnen mitgeführten Tiere und Pflanzen sich erheblich längere Zeit im Weltraum befanden und über Fernbeobachtung oder – soweit die Kabinen geborgen wurden – nach der Landung auch direkt auf eventuelle Schäden kontrolliert werden konnten. Erst nach dem befriedigenden Ergebnis dieser Untersuchungen konnte der Raumflug eines Menschen gewagt werden.

Im einzelnen drohen dem Leben im Weltraum folgende Gefahren: a) Die Kraftwirkungen in Raumfahrzeugen bei **starken Geschwindigkeitsänderungen**, z. B. beim Start und bei der Landung, die nicht nur an das Material, sondern vor allem

auch an den Menschen ungewöhnliche Anforderungen stellen und lebensgefährlich sein können. Auf Grund bisheriger Experimente kann man annehmen, daß der Mensch kurzzeitig einen Anndruck von 10 g während der Brennzeit der Rakete ohne Schaden ertragen kann ($1\text{ g} = 9,81\text{ m s}^{-2}$). Die Kreislauf- und Atmungsorgane werden durch diese Belastung sehr stark beansprucht, doch tritt nach Brennschluß eine rasche Normalisierung der Körperfunktionen ein.

b) Der Zustand der *Schwerelosigkeit*, in dem sich der Mensch auf den passiven Teilen der Bahn befindet. Dieser Zustand erzeugt ein Gefühl des Fallens oder Schwebens, das jedoch durch Gewöhnung bald wieder verschwindet. Die lebenswichtigen Funktionen des menschlichen Körpers (Blutkreislauf, Atmung, Verdauung) verlaufen im allgemeinen normal. Einer zu großen Schwächung der unterbelasteten Muskulatur muß durch Gymnastik entgegengewirkt werden. Die Funktion des Gleichgewichtsorgans kann gestört sein. Die Auswirkungen sind individuell verschieden. Ob eine monatelange Schwerelosigkeit ohne schädliche Folgen bleibt, ist noch ungewiß. Notfalls müßten durch Zentrifugalkräfte, also durch Rotation des Raumschiffes oder der Raumstation, künstliche Schwerfelder erzeugt werden.

c) Das *Vakuum* des Weltraumes. Raumfahrzeug und Raumstation müssen vakuumdichte Kabinen sein, die in ihrem Inneren der Besatzung die lebensnotwendige Atmosphäre bieten, wobei für die ständige Wiederaufbereitung oder Erneuerung der verbrauchten Luft gesorgt werden muß. Dasselbe gilt für → Raumanzüge. Die Temperatur in der Kabine muß geregelt werden (Klimaanlage). Auch beim Aufenthalt auf anderen Planeten müssen Lebewesen in dieser Weise geschützt sein, da die Atmosphäre der Planeten — soweit vorhanden — für die Atmung unbrauchbar ist.

d) Die *kurzwellige Ultraviolettstrahlung* der Sonne, die die ungeschützte Haut in wenigen Minuten verbrennen würde. Auf der Erde sind die Lebewesen gegen diese Strahlung durch die Atmosphäre geschützt. Hat das Raumfahrzeug den Schattenkegel der Erde verlassen, so befindet es sich ununterbrochen im Strahlungsfeld der Sonne. Die Außenwände aller Raumfahrzeuge müssen deshalb gegen diese Strahlung Schutz bieten.

e) Die *kosmische Ultrastrahlung*. Sie stellt eine nicht zu unterschätzende Gefahr dar. Während auf der Erdoberfläche fast nur eine durch die Lufthülle stark geschwächte Sekundärstrahlung auftritt, ist im Raumfahrzeug die primäre Strahlung und eine in den Wänden entstehende intensive Sekundärstrahlung zu erwarten, die über 100mal stärker sein kann als auf der Erdoberfläche. Ob diese Strahlung bei längerem Aufenthalt im Weltraum zu Schädigungen führt und ob man sich durch geeignete Wahl des Wandmaterials gegen sie ausreichend schützen kann, bedarf noch weiterer Versuche. Auf jeden Fall muß die Zone intensiver Strahlung in Erdnähe (Van-Allen-Gürtel, → Strahlungsgürtel) vom Astronauten gemieden werden, da in ihr der Strahlungsfluß noch einige Zehnerpotenzen höher ist als im freien Weltraum. Diese Strahlungsgürtel können umgangen werden, wenn die Bahnebene des Raumschiffes genügend stark gegen die Ebene des magnetischen Äquators geneigt ist. Auch intensive Eruptionen der Sonne, die mit starkem Strahlungsanstieg verbunden sind, können für die Kosmonauten gefährlich werden.

f) Die *Meteoriten*, die sich im Planetensystem meist in Schwärmen mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 bis 40 km/s (in Erdnähe) bewegen. Wegen der dadurch im allgemeinen hohen Relativgeschwindigkeit ist ein Aus-

weichen vor einzelnen großen Meteoriten kaum möglich, doch können die Bahnen bekannter Meteoritenschwärme von vornherein gemieden werden. Die zahlreichen kleinen Mikrometeoriten haben nur geringe Durchschlagskraft, und man kann sich gegen sie durch geeigneten Bau der Wände des Raumfahrzeugs zuverlässig abschirmen. Größere Meteoriten, bei denen dieser Schutz nicht ausreicht, sind äußerst selten. Die künstlichen Erdsatelliten haben gezeigt, daß die Meteoritengefahr nicht so groß ist, wie man früher angenommen hatte. In Erdnähe ist die Meteoritendichte etwa 1000mal größer als im interplanetaren Raum.

g) *Psychische Komplikationen* können bei langem Aufenthalt im engen Raumfahrzeug eintreten, unter anderem infolge Fehlens gewohnter akustischer und optischer Reize, des Gefühls der Einsamkeit in der einförmigen Weite des Weltalls, des Bewußtseins, bei Gefahr mit keiner Hilfe von außen rechnen zu können.

Zur Aufrechterhaltung des Lebens sind etwa folgende *Tagsrationen* nötig: 1,2 kg Sauerstoff, 2,4 kg Wasser, 0,7 kg Nahrungsmittel im notwendigen Mischungsverhältnis entsprechend etwa 3200 kcal/Tag, insgesamt je Kopf und Tag also 4,3 kg. Diese Mengen können durch Rückgewinnung des verbrauchten Sauerstoffs und Wassers und durch Erzeugung pflanzlicher Nährstoffe mit Algen herabgesetzt werden.

IV. Einzelprojekte. Die einzelnen Ziele der R. unterscheiden sich sowohl hinsichtlich ihrer sehr verschiedenen Entfernung von der Erde, die den notwendigen Energieaufwand und die Reisedauer stark beeinflußt, als auch im Hinblick auf die vorherrschenden Kraftfelder im Raum zwischen diesen Zielen und der Erde, die den möglichen Bahnformen und dem Flugverlauf einen sehr unterschiedlichen Charakter geben können und andersartige Ortungs- und Steuerungsmethoden erforderlich machen. Folgende Projekte sind möglich:

a) *Aufstiege in die Hochatmosphäre* und in die Umgebung der Erde. Jenseits des Bereichs, in den Luftfahrzeuge vorstoßen können, beginnt das Gebiet der → Höhenforschungsrakete. Ihre Aufgabe ist bes. die Erforschung der oberen Atmosphärenschichten und der verschiedenen Strahlungen, die aus dem Weltraum auf die Erde dringen. Auch für Tierversuche werden sie eingesetzt. Die Flugbahnen der Höhenraketen sind Teile stark exzentrischer Ellipsen um den Erdmittelpunkt unter dem vorherrschenden Einfluß der Erdgravitation. Sie legen Strecken zwischen etwa 10^3 und rund 10^6 km zurück, bis sie zur Erde zurückstürzen. Die Flugdauer beträgt einige Minuten bis etwa eine Stunde, der erforderliche ideale Antrieb liegt zwischen etwa 2 und 8 km/s.

b) *Künstliche Erdsatelliten*. Fliegt die Rakete bei Brennschluß in waagerechter Richtung, so wird ihre Reichweite um so größer, je höher ihre Geschwindigkeit ist. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit v_0 schließlich fällt sie überhaupt nicht mehr zur Erdoberfläche zurück und wird zu einem künstlichen → Erdsatelliten. Die erforderliche Geschwindigkeit v_0 (die Kreisbahngeschwindigkeit oder 1. → kosmische Geschwindigkeitsstufe) beträgt an der Erdoberfläche 7,910 km/s, in größerer Höhe wird sie kleiner. Die ideale Geschwindigkeit zur Erreichung einer Satellitenbahn steigt dagegen mit zunehmender Höhe an, sie liegt etwa zwischen 8 und 11 km/s. Die Bahnen von Erdsatelliten sind näherungsweise geozentrische Ellipsen unter dem vorherrschenden Einfluß des Schwerfeldes der Erde. Sie verlaufen größtenteils in Höhenbereichen zwischen 10^3 und 10^6 km (maximal bis 10^6 km). Über die vielfältigen Aufgaben, Beobachtungsmöglichkeiten u. a. → Erdsatellit.

Raumflugkörper

	Typ	Staat	Anzahl ins-gesamt	Start: Jahr (Anzahl)	Umlaufzeit von Satelliten in min, von interplanetaren Raumsonden in d (= Tage)	Nutzmasse in kg	Untergruppen, Aufgaben
Raumsonden	Wenera (Venus)	UdSSR	4	1961 (1), 1965 (2), 1967 (1)	310 d \pm 20 (3)**	640 (1), 1030 \pm 70 (3)	Venussonden
	Mars	UdSSR	1	1962 (1)	520 d (1)**	890 (1)	Marssonde
	Mariner	USA	4	1962 (1), 1964 (2), 1967 (1)	415 d \pm 70 (3)**	230 \pm 30 (4)	2 Venussonden, 2 Marssonden
	Sond (Sonde)	UdSSR	3	1964 (2), 1965 (1)	400 d \pm 100 (3)**	\approx 900 (3)	1 Venussonde, 1 Marssonde, 1 Mondsonde (zugleich interplanetare Sonden)
	Pioneer	USA	7	1958 (2), 1959 (1), 1960 (1), 1965 (1), 1966 (1), 1967 (1)	355 d \pm 45 (5)**	12 \pm 6 (3), 55 \pm 15 (4)	3 Mondsonden, 4 interplanetare Sonden
	Luna (Lunik)	UdSSR	13	1959 (3), 1963 (1), 1965 (4), 1966 (5)	33 000 \pm 11 000 (2), 190 \pm 15 (3)***, 450 d (1)**	340 \pm 60 (3), 1530 \pm 130 (10)	Mondsonden, davon 3 Mondsatelliten, 2 weiche Landungen
	Ranger	USA	9	1961 (2), 1962 (3), 1964 (2), 1965 (2)	90 \pm 1, 5 (2), 390 d \pm 20 (2)**	335 \pm 35 (9)	Mondsonden
	Surveyor	USA	6	1966 (2), 1967 (4)	.	1010 \pm 20 (6)	Mondsonden, davon 4 weiche Landungen
	Lunar Orbiter	USA	5	1966 (2), 1967 (3)	217 \pm 2 (3)***, 600 \pm 120 (2)***	385 \pm 5 (5)	Mondsatelliten
Plattform-satelliten	(Schwerer Sputnik)	UdSSR	1 + 38*	1961 (2), 1962 (1), 1963 (1), 1964 (3), 1965 (9), 1966 (7), 1967 (16)	89 \pm 2 (33), 93 \pm 2 (6)	\approx 7000 (19)	1 Testsatellit für Raumsondenstart, 18 Plattformsatelliten für Raumsonden, 16 Trägersatelliten für Fernsatelliten u. a.
		UdSSR	8	1962 (5), 1963 (1), 1966 (2)	90 \pm 3 (6), 95 \pm 1 (2)		z. T. Plattformsatelliten für Raumsonden?
Meßsatelliten	Sputnik	UdSSR	3	1957 (2), 1958 (1)	96 (1), 105 \pm 1 (2)	85 (1), 900 \pm 400 (2)	1 Testsatellit, 2 Meßsatelliten (davon 1 biologischer Satellit)
	Vanguard	USA	3	1958 (1), 1959 (2)	130 \pm 5 (3)	1,5 (1), 15 \pm 5 (2)	1 Testsatellit, 2 Meßsatelliten
	Explorer	USA	31 + 2*	1958 (3), 1959 (2), 1960 (1), 1961 (5), 1962 (3), 1963 (3), 1964 (7), 1965 (5), 1966 (2), 1967 (2)	100 \pm 5 (8), 115 \pm 7 (13), 550 \pm 250 (8), (1)***, 5000 \pm 3500 (7), 19500 (1)	9 \pm 3 (6), 65 \pm 35 (24), 200 \pm 25 (3)	10 Meßsatelliten für die obere Atmosphäre (7 Satelliten für Ionosphärenforschung, davon 2 Beacon, und 3 Ballonsatelliten), 19 Meßsatelliten für kosmische Strahlung und Sonnenstrahlung (davon 7 für Messungen in der Exosphäre, davon 1 Injun, und 12 für Messungen in den Strahlungsgürteln, davon 6 IMP = Interplanetary Monitoring Platform), 3 Meßsatelliten für Mikrometeoriten, 1 geodätischer Satellit (Geos)
	Kosmos	UdSSR	179 + 10*	1962 (12), 1963 (12), 1964 (27), 1965 (52), 1966 (34), 1967 (61)	89,5 \pm 2 (112), 94 \pm 2,5 (42), 108 \pm 6 (31), 115 \pm 1 (10), 945 \pm 230 (3)	\approx 4000 \pm 2500 (102), \approx 600 \pm 800 (83)	106 ? bergungsfähige Satelliten (z. T. unbemannte Raumschiffe, Typ Wostok, Wos'chod, Sojus, davon wenigstens 1 biol. Satellit) für Messungen, techn. Tests u. a., 72? Meßsatelliten für Ionosphärenforschung, Untersuchung von Mikrometeoriten, Strahlungsmessungen und Erforschung der Magnetfelder (davon 3 Satelliten für Messungen in den Strahlungsgürteln bzw. Kommunikationstests), z. T. Navigationssatelliten (?), 10 meteorologische und Wettersatelliten, 3 Plattformsatelliten (?)
	(Kosmoskapsel) Biosat = Biosatellite	UdSSR USA	2* 2	1967 (2) 1966 (1), 1967 (1)	89,2 (2) 91 (2)	.	biologische Untersuchungen
	Ariel = UK	USA/Großbritannien	3	1962 (1), 1964 (1), 1967 (1)	99 \pm 3 (3)	75 \pm 15 (3)	Strahlungsmessungen u. a.
	Alouette	USA/Kanada	2	1962 (1), 1965 (1)	113 \pm 8 (2)	145 \pm 1 (2)	Ionosphärenmessungen

	Typ	Staat	Anzahl ins- gesamt	Start: Jahr (Anzahl)	Umlaufzeit von Satelliten in min, von interplane- taren Raumsonden in d (= Tage)	Nutzmasse in kg	Untergruppen, Aufgaben
Meßsatelliten (Forts.)	San Marco	USA/ Italien	2	1964 (1), 1967 (1)	95 (2)	120 ± 10 (2)	Atmosphärendichtemessungen
	Lofti	USA	2*	1961 (1), 1963 (1)	96 ± 1 (2)	≈ 25 (2)	Ionosphärenmessungen
	Radose	USA	1*	1963 (1)	94 (1)	.	.
	Injun	USA	2*	1961 (1), 1962 (1)	110 ± 7 (2)	18 (1) 48 (1)	Strahlungsmessungen
	GRS = Geo- physical Research Satellite	USA	1	1963 (1)	102 (1)	100 (1)	Messungen in der oberen Atmosphäre
	Aurora	USA	1	1967 (1)	173 (1)	21,5 (1)	Ionosphärenmessungen
	Wresat	USA/Au- stralien	1	1967 (1)	99 (1)	45 (1)	Strahlungsmessungen
	Elektron	UdSSR	2 + 2*	1964 (4)	169 ± 1 (2) 1335 ± 25 (2)	≈ 600 ± 100 (4)	Erforschung der Strahlungs- gürtel, der Magnetfelder, der kosmischen Strahlung u. a.
	OGO = Orbi- ting Geophy- sical Observatory	USA	4	1964 (1), 1965 (1), 1966 (1), 1967 (1)	101 ± 3 (2) 3350 ± 500 (2)	525 ± 40 (4)	Erforschung der Strahlungs- gürtel, der Magnetfelder, der kosmischen Strahlung u. a.
	(Strahlungs- meßsatellit) ERS = Environ- mental Research Satellite (u.ä.)	USA	14*	1962 (1), 1963 (7), 1964 (1), 1965 (2), 1966 (2), 1967 (1)	113 ± 20 (5) 167 ± 1 (5) 2580 ± 250 (4)	0,7 (5) 4 ± 2 (6) 70 ± 10 (2)	davon 7 TRS (Tetrahedron), 3 ORS (Octagon), 1 DRS (Dodecahedron), z. T. = OV-5
	Proton	UdSSR	3	1965 (2), 1966 (1)	92,5 ± 0,5 (3)	12200 (3)	Erforschung der kosmischen Strahlung
	Pegasus	USA	3	1965 (3)	96 ± 1 (3)	1450 (3)	Erforschung der Mikrometeo- riten
	OSO = Orbiting Solar Observatory	USA	4	1962 (1), 1965 (1), 1967 (2)	96 ± 0,5 (4)	245 ± 40 (4)	Erforschung der Sonnen- strahlung
	Greb = Solar Radiation	USA	5*	1960 (1), 1961 (1), 1963 (1), 1964 (1), 1965 (1)	100 ± 5 (5)	20 ± 5 (5)	Strahlungsmessungen
	OAQ = Orbiting Astronomical Observatory	USA	1	1966 (1)	101 (1)	1800 (1)	Erforschung der Sternstrahlung
	FR = France	USA/ Frankreich	1	1965 (1)	100 (1)	60 (1)	Ionosphärenmessungen
	D = Diapason	Frank- reich	1	1966 (1)	119 (1)	20 (1)	geodätischer Satellit
	Diadème (Diadem)	Frank- reich	2	1967 (2)	107 ± 3 (2)	23 (2)	geodätische Satelliten
	OV = Orbiting Vehicle	USA	10 + 10*	1965 (3), 1966 (12), 1967 (5)	98 ± 8 (12), 140 ± 15 (5) 590 (1) 2830 (2)	9 (2) 35 ± 3 (2) 80 ± 20 (10) 160 ± 40 (4)	Meßsatelliten u. a., darunter 9 OV-1 (davon 1 passiver Nach- richtensatellit), 2 OV-2, 5 OV-3, 2 OV-4 (Test für Nachrichten- übertragung), 2 OV-5, z. T. = ERS
	Pageos	USA	1	1966 (1)	181 (1)	57 (1)	Ballonsatellit, geodätischer Satellit
	Anna	USA	1	1962 (1)	108 (1)	160 (1)	geodätischer Satellit
Wettersatelliten	Tiros	USA	16	1960 (2), 1961 (1), 1962 (3), 1963 (2), 1965 (2), 1966 (3), 1967 (3)	99 ± 2 (10) 116 ± 3 (6)	135 ± 15 (16)	davon 6 Essa
	Nimbus	USA	2	1964 (1), 1966 (1)	103 ± 5 (2)	395 ± 20 (2)	zusätzlich: Infrarotaufnahmen
	ATS = Applica- tions Technology Satellite	USA	3	1966 (1), 1967 (2)	1220 (1) 1435 ± 5 (2)	355 ± 30 (3)	technologische Mehrzwecksatel- liten (Wettersatellit, Nachrich- tensatellit; 2 synchrone Bahnen)

Raumflugkörper (Forts.)

	Typ	Staat	Anzahl insgesamt	Start: Jahr (Anzahl)	Umlaufzeit von Satelliten in min, von interplanetaren Raumsonden in d (= Tage)	Nutzmasse in kg	Untergruppen, Aufgaben
Nachrichtensatelliten	Echo	USA	2	1960 (1), 1964 (1)	114 ± 5 (2)	75 (1) 250 (1)	Ballonsatelliten, passive Nachrichtensatelliten
	West Ford	USA	2*	1961 (1), 1963 (1)	166 ± 1 (2)	37 ± 4 (2)	Ausstreuerung von Kupfer-Dipolnadeln
	Oscar	USA	4*	1961 (1), 1962 (1), 1965 (2)	91 ± 1 (2) 103 (1), 587 (1)	4,5 (2), 14 (2)	Amateur-Radiosatelliten
	Telstar	USA	2	1962 (1), 1963 (1)	190 ± 35 (2)	78 ± 1 (2)	
	Relay	USA	2	1962 (1), 1964 (1)	190 ± 5 (2)	78 ± 1 (2)	
	Syncom	USA	3	1963 (2), 1964 (1)	1430 ± 10 (3)	≈ 37 (3)	synchrone Bahn
	Early Bird	USA	1	1965 (1)	1435 (1)	38 (1)	synchrone Bahn
	Molnija 1	UdSSR	7	1965 (2), 1966 (2), 1967 (3)	710 ± 10 (7)	≈ 800 (7)	z. T. zugleich Wettersatelliten
	Intelsat 2	USA	4	1966 (1), 1967 (3)	730 (1), 1435 ± 5 (3)	87 (4)	3 synchrone Bahnen
	Score-Atlas	USA	1	1958 (1)	101 (1)	≈ 150 (1)	.
militärische Satelliten	Courier	USA	1	1960 (1)	107 (1)	230 (1)	.
	(militärischer Nachrichtensatellit)	USA	24*	1935 (4), 1936 (7), 1967 (13)	230 ± 85 (2) 589 ± 2 (2) 1330 ± 20 (20)	40 ± 10 (23) 100 (1)	davon 5 LES, 19 IDCSP
	Discoverer	USA	26	1959 (6), 1960 (7), 1961 (12), 1962 (1)	94 ± 4 (25) 104 (1)	≈ 200 ± 50 (10) ≈ 300 ± 50 (16)	Satelliten für Messungen, Tests, Bergungsexperimente
	(Discoverer-Kapsel)	USA	2*	1959 (1), 1961 (1)	105 ± 4 (2)	110 ± 20 (2)	
	Samos	USA	1	1961 (1)	95 (1)	≈ 1400 (1)	photographischer Aufklärungssatellit
	Midas	USA	3	1960 (1), 1961 (2)	95 (1) 164 ± 3 (2)	≈ 1300 ± 300 (3)	Infrarot-Warnsatelliten
	(militärischer Geheimsatellit)	USA	192 + 45*	1961 (1), 1962 (34), 1963 (33), 1964 (44), 1965 (45), 1966 (45), 1967 (35)	92 ± 4 (170) 103 ± 5,5 (47) 120 ± 5 (6) 158 ± 15 (10) 590 (1) 1330 ± 20 (3)	≈ 3 (1) ≈ 80 ± 40 (29) ≈ 700 ± 400 (96) ≈ 1800 ± 700 (61) ≈ 6500 ± 3000 (4)	154 Agena-Satelliten (größtenteils Samos-, Midas- und Discoverer-Typ, 1 Starad, 2 Lampo, 2 Starflash), 7 Ablestar- und 17 Altair-Satelliten (z. T. Transit-, Nafi- und Traac-Typ), 10 Transtage-Satelliten (davon 1 MOL-Modell), 4 Burner-Satelliten, dazu Meß- und Testsatelliten, 2 Ballonsatelliten
	Surcal (u. ä.)	USA	13*	1964 (2), 1965 (8), 1967 (3)	100 (1) 106 ± 3 (11) 145 (1)	≈ 60 (2) ≈ 35 (2)	Satelliten zum Test von Radarsystemen
	Vela	USA	4 + 4*	1963 (2), 1964 (2), 1965 (2), 1967 (2)	5900 ± 900 (8)	230 ± 10 (6) 330 (2)	Kernwaffentest-Überwachungssatelliten
Navigationssatelliten	Transit	USA	6	1960 (2), 1961 (3), 1962 (1)	101 ± 5 (6)	90 ± 30 (6)	Satelliten für militärische Navigationshilfe
	Secor = EGRS	USA	1 + 8*	1964 (1), 1965 (4), 1966 (3), 1967 (1)	112 ± 14 (6) 169 ± 3 (3)	≈ 19 ± 1 (9)	Satelliten zur geographischen Ortsbestimmung (Triangulation)
Testsatelliten	(SNAP-Satellit)	USA	1	1965 (1)	112 (1)	440 (1)	Kernreaktor-Testsatellit
	Traac	USA	1*	1961 (1)	106 (1)	90 (1)	Stabilisierungsexperiment
	GGSE	USA	6*	1964 (1), 1965 (2), 1966 (1), 1967 (2)	103 ± 1 (5), 1330 (1)	47 (1)	Stabilisierungsexperiment, davon 1 GGTS
	Dodge	USA	1*	1967 (1)	1319 (1)	198 (1)	Stabilisierungsexperiment
	TTS = Test and Training Satellite	USA	1*	1967 (1)	92 (1)	18 (1)	Kommunikationstest
	Poljot	UdSSR	2	1963 (1), 1964 (1)	97,5 ± 5 (2)	≈ 2000 (2)	manövrierfähige Satelliten
	A = Asterix	Frankreich	1	1965 (1)	109 (1)	40 (1)	
	TV = Target Vehicle	USA	5 + 1*	1965 (1), 1966 (5)	90 ± 1 (6)	35 (1), ≈ 500 (1), ≈ 2000 (4)	Rendezvous-Zielsatelliten, davon 1 REP, 1 ATDA, 4 Agena-Satelliten

Raumflugkörper (Forts.)

	Typ	Staat	Anzahl insgesamt	Start: Jahr (Anzahl)	Umlaufzeit von Satelliten in min, von interplanetaren Raumsonden in d (= Tage)	Nutzmasse in kg	Untergruppen, Aufgaben
Testsatelliten	(Blinklicht-satellit)	USA	1*	1963 (1)	89 (1)	4,5 (1)	Erkennungstest
	Atlas-Centaur	USA	5	1963 (1), 1964 (1), 1965 (1), 1966 (2)	98 ± 10 (3) 32000 ± 13000 (2)	≈ 1000 (5)	Raketentestsatelliten (4 Surveyor-Modelle)
	Apollo-Saturn	USA	5 + 4*	1964 (3), 1965 (3), 1966 (1), 1967 (2)	88,5 ± 0,5 (5) 96 ± 1,5 (4)	≈ 7500 ± 2000 (7) ≈ 30000 ± 1000 (2)	Raketentestsatelliten (5 Apollo-Raum-schiffmodelle), 1 unbemanntes Apollo-Raum-schiff, 1 I.M.-Modell (Lunar Module)
Raumschiffe	(Raumschiff) Korabl-Sputnik	UdSSR	5	1960 (3), 1961 (2)	88,5 ± 0,5 (3) 91 ± 0,5 (2)	4600 ± 100 (5)	unbemannte Raumschiffe (Wostok-Typ, davon 4 biologische Satelliten)
	(Raumschiff-Kabine)	UdSSR	1*	1960 (1)	94 (1)	2500 (1)	
	Wostok	UdSSR	6	1961 (2), 1962 (2), 1963 (2)	88,5 ± 0,5 (6)	4700 ± 100 (6)	bemannte Raumschiffe
	Wos'chod	UdSSR	2	1964 (1), 1965 (1)	90,5 ± 0,5 (2)	5500 ± 200 (2)	bemannte Raumschiffe
	Sojus	UdSSR	1	1967 (1)	88,5 (1)		bemanntes Raumschiff
	MA = Mercury-Atlas	USA	6	1961 (2), 1962 (3), 1963 (1)	88,5 ± 0,5 (6)	1300 ± 100 (6)	2 unbemannte, 4 bemannte Raumschiffe (1 biologischer Satellit)
	GT = Gemini-Titan	USA	11	1964 (1), 1965 (5), 1966 (5)	89 ± 1 (11)	3500 ± 300 (11)	1 unbemanntes, 10 bemannte Raumschiffe

Übersicht über die bis Ende 1967 gestarteten Raumflugkörper. Sie umfaßt alle Typen von künstlichen Erdsatelliten, Raumsonden und Raumschiffen, die bis Ende 1967 gestartet wurden. Die angegebenen Umlaufzeiten und Nutzmassen sind nur angenäherte Werte bzw. Mittelwerte. Zahlen in Klammern: Anzahl der Raumflugkörper. * Anzahl der Erdsatelliten, die zusammen mit einer anderen Nutzlast in die Bahn gebracht wurden (Zweitsatelliten); ** heliozentrische Bahnen; *** selenozentrische Bahnen. Die Einteilung in die Gruppen Meßsatelliten, Wetter-satelliten usw. ist nicht willkürlich, da viele Raumflugkörper mehrere Aufgaben erfüllen

Ein späteres Ziel ist der Ausbau von künstlichen Erdsatelliten zu Raumstationen (Außenstationen). Das sind ständige Stützpunkte für die R. außerhalb der Hochatmosphäre, die gleichzeitig als physikalisch-technische Forschungslaboratorien, als astrophysikalische Observatorien, als Relaisstationen für Fernsehen und Nachrichtenübermittlung sowie zur Wetterbeobachtung und möglicherweise Wetterbeeinflussung dienen können. Als Zwischenlandeplatz für Raumfahrzeuge, die hier mit Treibstoff versorgt oder überhaupt erst zusammengebaut werden, wird eine Raumstation die R. wesentlich erleichtern, da der Energiebedarf beim Start von der Station erheblich kleiner ist als beim Start von der Erde. Eine Raumstation muß die Erde in so großer Entfernung umkreisen, daß sie nicht durch die Atmosphäre gebremst wird. Durch eine Rotation der Station kann als Ersatz für die fehlende Schwerkraft ein radiales Beschleunigungsfeld erzeugt werden. Die Station wird eine ständige Besatzung erhalten; ihr Aufbau muß also den Erfordernissen der Weltraumbiologie entsprechen. Eine derartige Station wird in ihrer Bahn mit Hilfe der → Rendezvous-Technik aus Einzelteilen zusammengebaut, die mittels Raketen hinauftransportiert werden müssen; Raketen halten auch die laufende Verbindung zur Erde aufrecht.

c) Flüge im Raumbereich um Erde und Mond, Flüge zum Mond. In diesem Raumgebiet, das Entfernungen zwischen etwa 10^4 und 10^6 km umfaßt, können die physikalischen Eigenschaften des Raumes und der Materie in der Umgebung von Erde und Mond (z. B. die Magnetosphäre) untersucht werden, insbesondere aber der der Erde benachbarte Himmelskörper, der Mond. Seine Erforschung ist eine der ersten großen Aufgaben der R., die schrittweise verwirklicht wird (→ Mondprojekt). Das Ziel ist schließlich die Ein-

richtung von Mondstationen mit ständiger Besatzung, die unter anderem astronomische, selenologische und selenophysische Forschungen ausführen könnte. Da der Energiebedarf zum Verlassen des Mondes wesentlich kleiner ist als der entsprechende Aufwand zum Verlassen der Erde (Grenzenergie $E_0 = 2,821$ MJ pro kg Masse, was einer 2. → kosmischen Geschwindigkeitsstufe von 2,375 km/s entspricht), wäre der Mond unter Umständen auch als Zwischenlandeplatz für Raumschiffe zu den Planeten verwendbar.

Der Energiebedarf einer Reise in Mondnähe entspricht einer idealen Geschwindigkeit der Rakete von 11 bis 13 km/s, einschließlich einer weichen Landung auf dem Mond 14 bis 16 km/s, mit Rückkehr zur Erde werden es mindestens 18 km/s. Der Flugverlauf wird durch die Schwerfelder der Erde und des Mondes bestimmt, doch muß die störende Wirkung der Sonne berücksichtigt werden. Da sich Erde und Mond gemeinsam um die Sonne bewegen und ihr Abstand sich nur wenig verändert, kann ein Raumflug zwischen beiden Himmelskörpern zu jedem Zeitpunkt angetreten werden (es sei denn, man will das Landegebiet zu bestimmter Tageszeit erreichen). Die Reisedauer beträgt in jeder Richtung einige Tage. Weiteres → Mondprojekt.

d) Flüge in den interplanetaren Raum und zu den Planeten. Vorstöße kosmischer Raketen in den interplanetaren Raum — es handelt sich dabei um Entfernungen zwischen 10^6 und 10^{10} km — unterscheiden sich von den bisher genannten Projekten prinzipiell dadurch, daß sich die Raumsonde bzw. das Raumschiff hauptsächlich im Gravitationsfeld der Sonne bewegt, also entsprechend den Keplerschen Gesetzen eine elliptische Bahn um die Sonne beschreibt, ähnlich einem Planeten oder Kometen. Lediglich bei Annäherung an einen der Planeten, z. B. beim Start und bei der Landung, wird dessen Gravi-

tation vorherrschend. Da sich die Erde, der Zielplanet und das Raumschiff völlig unabhängig voneinander um die Sonne bewegen, kann der Startzeitpunkt der Rakete nicht beliebig gewählt werden, sondern muß sorgfältig vorausberechnet werden, damit das Raumschiff dann den Zielplaneten auch antrifft. Eine spätere Bahnänderung ist wegen des großen Treibstoffbedarfs nur in sehr geringem Maße möglich. Ebenso kann auch der Rückflug erst nach einer genau einzuhaltenden Wartezeit angetreten werden, weil sonst das Raumschiff die Erde verfehlen würde.

Unter den möglichen Verbindungsellipsen zweier Planetenbahnen ist diejenige die energetisch günstigste, die beide berührt. Sie erfordert allerdings ziemlich lange Reisezeiten (\rightarrow Hohmann-Bahn). Die nächstliegenden Ziele der interplanetaren R. sind die Planeten Mars und Venus (\rightarrow Marsprojekt, \rightarrow Venusprojekt). Die Reisedauer einschl. Wartezeit und Rückflug beträgt 2 bis 3 Jahre. Die ideale Geschwindigkeit bei diesen Projekten ist 12 bis 14 km/s für den Hinflug, einschließlich Rückflug 20 bis 25 km/s, mit weicher Landung etwa 15 bis 20 km/s, mit Landung, Start und Rückkehr 25 bis 35 km/s. Flüge zu entfernteren Planeten erfordern noch größeren Energieaufwand und auch (außer beim Merkur) wesentlich größere Reisezeiten (viele Jahre bis Jahrzehnte). Hier liegt die Grenze des mit bisherigen technischen Mitteln erreichbaren Raumes.

e) *Flüge in den interstellaren Raum und zu benachbarten Fixsternen.* Der Energieaufwand zum Verlassen des Sonnensystems entspricht beim Start in Richtung der Erdbewegung einer idealen Geschwindigkeit von wenigstens 17 km/s, einschließlich Rückkehr vom nächsten Fixstern α Centauri mehr als 50 km/s. Wegen der riesigen Entfernungen (10^9 bis 10^{15} km) und den entsprechenden Reisezeiten (Hunderttausende bis Millionen von Jahren) sind diese Projekte so lange als reine Utopie zu bezeichnen, bis wesentlich leistungsfähigere Energiequellen für Raketen zur Verfügung stehen, die eine Reisegeschwindigkeit in der Nähe der Lichtgeschwindigkeit ermöglichen.

V) Geschichte der R. Die ernsthafte wissenschaftliche Beschäftigung mit den Problemen der R. begann vereinzelt im vorigen Jahrhundert, aber erst nach 1900 wurden die theoretischen Grundlagen völlig geklärt und erste praktische Versuche mit Raketen ausgeführt; Weiteres \rightarrow Rakete. Zu den Pionieren der R. gehören Ziolkowski, Goddard, Oberth, Valier u. a. Aus den ersten Aufstiegen von Forschungsraketen in die obere Atmosphäre nach dem II. Weltkrieg entwickelte sich eine ständig wachsende Raumfahrtaktivität, die hauptsächlich in der UdSSR und den USA durch den Einsatz von künstlichen Erdsatelliten, Raumsonden und bemannten Raumschiffen zu großen Erfolgen führte:

1957: Am 4. 10. wurde der erste künstliche Erdsatellit Sputnik 1 durch die Sowjetunion gestartet. Einen Monat später folgte der Satellit Sputnik 2, der erstmalig physikalische Messungen im Weltraum ausführte und in einer Kabine einen Hund mitführte, dessen physiologisches Verhalten eine Woche lang kontrolliert wurde.

1958: Das bemerkenswerteste Ereignis war der Start des sowjetischen Meßsatelliten Sputnik 3 am 15. 5., der durch seine große Masse (>1300 kg) und sein außerordentlich umfangreiches Forschungsprogramm überraschte. Die Ausrüstung mit Sonnenbatterien ermöglichte es, länger als ein Jahr Meßdaten zu erhalten. Bereits am 1. 2. wurde der erste amerikanische Erdsatellit Explorer 1 gestartet, der hauptsächlich der Untersuchung der kosmischen Strahlung diente. Ein erster Test einer kosmischen Nachrichtenübertragung gelang mit dem großen amerikanischen

Erdsatellit Score-Atlas im Dezember. Der Versuch der USA, mit Pioneer-Meßsonden den Mond zu erreichen, mißlang.

1959: Wichtigste Ereignisse waren die drei erfolgreichen sowjetischen Mondsonden Lunik 1 bis 3. Die Sonde Lunik 1, die am 2. 1. mit einer kosmischen Rakete gestartet wurde, übertraf erstmalig die 2. kosmische Geschwindigkeitsstufe und wurde, nachdem sie nahe am Mond vorbeigeflogen war, zu einem künstlichen Planetoiden. Am 13. 9. schlug als erstes von Menschen erbautes Projektil die automatische Meßsonde Lunik 2 auf der Mondoberfläche auf. Bereits einen Monat später fotografierte Lunik 3 mit zwei Kameras aus etwa 65000 km Entfernung die uns unbekannte Rückseite des Mondes und übertrug die Bilder zur Erde. Alle drei Sonden lieferten außerdem vielseitige Meßergebnisse aus dem Raum zwischen Erde und Mond. Die amerikanische Mondsonde Pioneer 4 gelangte im März ebenfalls auf eine Sonnenumlaufbahn. Bemerkenswert ist der am 7. 8. gestartete amerikanische Erdsatellit Explorer 6, der dank seiner langgestreckten Bahn erstmalig umfangreiche Messungen in den Strahlungsgürteln ausführen konnte. Die militärischen Erdsatelliten der Discoverer-Serie (USA) umkreisten die Erde auf polnahen Bahnen; eine Bergung der ausgestoßenen Instrumentenkapseln gelang nicht.

1960: Zur Vorbereitung der bemannten R. wurden in der Sowjetunion drei große Raumschiff-Sputniks (Korabl-Sputniks) von mehr als 4 t Masse in relativ niedrige Erdumlaufbahnen gebracht. Sie dienten der technischen Erprobung der Raumschiffsysteme, insbesondere der Einrichtungen für die Rückführung und Bergung der Kabine. Ferner wurden — außer im Raumschiff-Sputnik 1 — Tiere (z. B. Hunde) und anderes biologisches Material mitgeführt, um während des Fluges und danach die Auswirkungen der Weltraumbedingungen auf Lebewesen studieren zu können. Die sichere Rückführung der Kabine gelang nur bei dem Raumschiff-Sputnik 2 (20. 8.). Wenige Tage vorher war erstmalig die Kapsel eines anderen, amerikanischen Satelliten (Discoverer 13) geborgen worden. Weitere militärische Satelliten der USA dienten als Navigationshilfe (Transit), der Erkundung von Raketenanstiegen (Midas) und der Nachrichtenübertragung (Courier). Sehr erfolgreich waren die Wettersatelliten der Tiros-Serie (Tiros 1 seit 1. 4.), die mit Fernsehkameras die großräumige Wolkenverteilung auf der Erde beobachteten. Über den amerikanischen Ballonsatellit Echo 1 (12. 8., Durchmesser 30 m) konnten Funksendungen durch Reflexion übertragen werden. Der Sender der amerikanischen Raumsonde Pioneer 5 überbrückte erstmalig planetare Entfernungen und übermittelte zahlreiche Meßwerte.

1961: Nach Bergung zweier weiterer Raumschiff-Sputniks im März war die Sensation dieses Jahres der erste Flug eines Menschen durch den Weltraum. Am 12. 4. umkreiste J. Gagarin (tödlich verunglückt am 27. 3. 1968) in der Kabine des sowjetischen Raumschiffes Wostok 1 nahezu zwei Stunden die Erde. Sein Befinden wurde laufend überwacht, mittels Sprechfunk schilderte er seine Eindrücke. Den schwerelosen Zustand sowie die starken Belastungen bei Start und Landung überstand der Kosmonaut gut. Der zweite bemannte Raumflug von G. Titow am 6. 8. mit dem Raumschiff Wostok 2 konnte deshalb bereits über einen vollen Tag ausgedehnt werden. Die Möglichkeit der R. durch Menschen war damit erwiesen. Den USA gelangen zwei bemannte ballistische Flüge sowie die Bergung von zwei unbemannten Mercury-Raumschiffen aus Erdumlaufbahnen. Neben anderen militärischen Raumflugkörpern wurden die ersten Samosatelliten für militärische Erkundung erprobt;

mehrere Discoverer-Kapseln konnten geborgen werden. Eine Reihe von Explorer-Satelliten setzten das Raumforschungsprogramm der USA fort. Bemerkenswert ist noch die erste interplanetare Sonde zur Erforschung der Venus (sowjetische Sonde Venus 1) vom 12. 2., die zunächst mit einem schweren Sputnik (>6 t) auf eine erdnahe Parkbahn gelangte, von der aus sie dann durch nochmaligen Start die Umlaufbahn um die Sonne erreichte. Da der Sender dieser Sonde vorzeitig ausfiel, wurden Meßergebnisse nur aus dem interplanetaren Raum gewonnen.

1962: Vom 11./12. 8. bis 15. 8. fand der erste kosmische Gruppenflug von A. Nikolajew und P. Popowitsch in den sowjetischen Raumschiffen Wostok 3 und 4 statt. Einen Tag nach dem Start von Wostok 3 wurde Wostok 4 mit großer Präzision auf eine sehr ähnliche Bahn gebracht, so daß sich beide Raumschiffe bis auf minimal 6,5 km näherten. Beide Kosmonauten hatten ständig Funkverbindung miteinander. Dieses Experiment bedeutet einen ersten Schritt zur Verwirklichung der → Rendezvous-Technik. Wostok 3 umkreiste die Erde 4 Tage lang. Am 20. 2. hatten die USA mit J. Glenn ihren ersten Astronauten in eine Erdumlaufbahn gebracht (Mercury-MA 6), weitere kurze Flüge folgten mit S. Carpenter am 24. 5. (Mercury MA 7) und W. Schirra am 3. 10. (Mercury MA 8). Die Sowjetunion begann am 16. 3. ein neues umfangreiches Forschungsprogramm für den erdnahen kosmischen Raum durch Meßsatelliten der Kosmos-Serie. Unter der Bezeichnung Kosmos werden aber auch bergungsfähige Satelliten gestartet, die unter anderem zur Erprobung neuer Raumschiffsysteme dienen und deren Kabinen zu einem großen Teil wieder zur Erde zurückgeführt werden (erstmalig Kosmos 4 am 29. 4.). In den USA wurde die wissenschaftliche Raumforschung durch mehrere Explorer-Satelliten, durch den Sonnenstrahlungssatelliten OSO 1 (wobei die Satelliten Ariel 1 (Großbritannien) und Alouette 1 (Kanada) fortgesetzt. Der amerikanische Satellit Anna 1 B diente geodätischen Messungen. Mit dem amerikanischen Relaisatelliten Telstar 1 (10. 7.) wurden — ähnlich wie mit Relay 1 im Dezember — erstmalig kurze Fernsehübertragungen über den Atlantik möglich. Zahlreiche militärische Geheim-satelliten der USA setzten großenteils die Discoverer-, Midas- und Samos-Programme fort. Drei Ranger-Mondsonden gelangten in die Nähe des Mondes, erfüllten jedoch nicht ihre Aufgaben. Ein sehr erfolgreiches Experiment war dagegen die amerikanische Venussonde Mariner 2 (27. 8.), die nach einer Kurskorrektur am 14. 12. in etwa 34800 km an der Venus vorbeiflog. Sie übertrug Strahlungsmessungen von der Venusoberfläche und Meßdaten aus dem interplanetaren Raum. Die am 1. 11. wiederum von einem schweren Sputnik als Plattform gestartete sowjetische Raumsonde Mars 1 lieferte ebenfalls wertvolle Meßergebnisse aus dem interplanetaren Raum, doch versagte sie vor Erreichen des Mars.

1963: Der zweite kosmische Gruppenflug der bemannten sowjetischen Raumschiffe Wostok 5 und Wostok 6 mit V. Bykowski und der Kosmonautin V. Tereschkowa (14./16. 6. bis 19. 6.) stellte im wesentlichen eine Wiederholung des Versuchs vom Vorjahr dar. Der kleinste Abstand zwischen den beiden Raumschiffen betrug 5 km. Erstmals umkreiste damit eine Frau in einem Raumschiff die Erde. Wostok 5 blieb 5 Tage lang in seiner Bahn. G. Cooper führte vom 15. bis 16. 5. im Raumschiff Mercury-MA 9 den ersten längeren amerikanischen Raumflug durch. Die Erforschung des erdnahen Weltraums wurde durch die Kosmos-Serie der Sowjetunion fortgesetzt; mehrere Kabinen wurden geborgen. Am 1. 11. startete die Sowjetunion einen mit Triebwerken ausgerüsteten manövrierfähigen

Flugkörper (Poljot 1), der mehrere Bahnmanöver zur Vorbereitung der Rendezvous-Technik ausführte. Von den USA wurde erneut eine größere Zahl von Geheimsatelliten auf eine Bahn gebracht (Kapseln z. T. geborgen), darunter zwei Vela-Satelliten (16. 10.), die in etwa 100000 km Höhe die Erde umkreisen und Kernwaffenexplosionen feststellen sollen. Beim zweiten Versuch gelang auch der Start eines synchronen Relaisatelliten (Syncom 2 am 26. 7.). Die Explorer- und Tiros-Serien der USA wurden fortgesetzt, darunter Explorer 18 (= erster IMP-Satellit) als erster Warnsatellit vor Sonneneruptionen. Die sowjetische Mondsonde Luna 4 (Start 2. 4.) flog nahe am Mond vorbei und übertrug Meßwerte aus der Umgebung des Mondes.

1964: Zum ersten Mal umkreisten mehrere Kosmonauten in einem Raumschiff gemeinsam die Erde. Am 12. 10. wurde in der Sowjetunion Wos'chod 1, ein neuer größerer Raumschiffstyp, mit W. Komarow, dem Wissenschaftler K. Feoktistow sowie dem Arzt B. Jegorow gestartet. Das Raumschiff, dessen Masse mehr als 5 t betrug, blieb einen Tag lang in seiner Bahn. Neben dem Umstand, daß erstmalig Spezialisten verschiedener Fachrichtungen an einer R. teilnahmen, sind technische Verbesserungen beachtenswert, z. B. ein neues Landesystem, das eine völlig weiche Landung ermöglichte. 1964 wurden von der Sowjetunion für Forschungsaufgaben wieder eine große Zahl von Kosmos-Satelliten auf Erdumlaufbahnen gebracht, darunter eine unbemannte Version des Wos'chod-Raumschiffes (Kosmos 47) und ein Satellit mit einer tief in den äußeren Strahlungsgürtel führenden Bahn (Kosmos 41). Der kombinierten Erforschung des inneren und äußeren Strahlungsgürtels dienten auch vier sowjetische Elektron-Satelliten, die paarweise (erstmalig Elektron 1 und 2 am 30. 1.) auf langgestreckten Umlaufbahnen die Erde umkreisen. In den USA wurden erstmalig ein unbemanntes Gemini-Raumschiff und mehrere Modelle des Apollo-Raumschiffes (>7 t) erprobt (erster Saturn-Testsatellit am 29. 1.). Über einen zweiten großen Ballonsatelliten der USA (Echo 2, 25. 1., Durchmesser 41 m) konnten durch Reflexion Funksignale zwischen den USA und der Sowjetunion übertragen werden. Der amerikanische Relaisatellit Syncom 3 erreichte nach mehreren Bahnmanövern eine stationäre Position über dem Äquator. Das Raumforschungsprogramm der USA wurde mit mehreren Explorer-Satelliten fortgesetzt. Zahlreiche amerikanische Geheimsatelliten dienten vornehmlich dem Samos-, Transit- und Vela-Programm. Zu erwähnen sind weiterhin ein neuer leistungsfähiger Wettersatellit (Nimbus 1), der komplizierte Forschungssatellit OGO 1 (beide USA) und der erste italienische Satellit San Marco 1. Ein Erfolg des amerikanischen Mondforschungsprogramms wurde die Sonde Ranger 7, die am 31. 7. vor dem Aufprall auf den Mond 4300 Fernsehaufnahmen der Mondoberfläche zur Erde funkte, die letzten davon aus wenigen 100 m Höhe. Eine weitere große Leistung vollbrachte nach dem Fehlschlag von Mariner 3 die amerikanische Marsonde Mariner 4 (28. 11.), die am 14. 7. 65 in 8700 km Entfernung am Mars vorbeiflog und neben Meßdaten aus dem interplanetaren Raum 21 Fernsehaufnahmen der Marsoberfläche zur Erde sandte. Die sowjetischen interplanetaren Raumflugkörper Sonde 1 und 2 (2. 4. bzw. 30. 11.) gelangten auf sehr präzise Bahnen in Richtung Venus und Mars, doch fielen die Sender vor Erreichen dieser Ziele aus. Bei Sonde 2 wurden erstmalig kleine Plasmatriebwerke zur Orientierung eingesetzt.

1965: Dieses Jahr brachte wesentliche Fortschritte in der bemannten R. Am 18. 3. startete die Sowjetunion das Raumschiff Wos'chod 2

mit den beiden Kosmonauten P. Belja jew und A. Leonow. Durch eine Luftscheule verließ Leonow in einem Raumanzug das Raumschiff und schwebte 10 Minuten lang frei im Weltraum. Das Raumschiff landete einen Tag später. Am 23. 3. folgten die USA mit ihrem ersten Raumflug einer zweisitzigen bemannten Gemini-Kabine (Gemini GT 3), deren Bahn die Astronauten V. Grissom und J. Young zweimal veränderten. Diesem Experiment folgte am 3. 6. der viertägige Flug des Raumschiffes Gemini GT 4 mit den Astronauten J. McDivitt und E. White. Auch White verließ die Kabine und hielt sich kurze Zeit im freien Weltraum auf. Die folgenden Raumflüge von Gemini GT-5 mit G. Cooper und C. Conrad (21. 8.) und Gemini GT-7 mit F. Borman und J. Lovell (4. 12.) dauerten 8 bzw. 14 Tage. Am 15. 12. gelang erstmals ein Rendezvous zwischen den Raumschiffen Gemini GT-7 und Gemini GT-6 (mit W. Schirra und T. Stafford), die sich dabei auf weniger als 1 m einander näherten. Neben der Fortsetzung früherer Programme mit zahlreichen sowjetischen Kosmos-Satelliten und USA-Geheimsatelliten (darunter ein Titan 3C-Satellit von 10 t und ein Satellit für die erstmalige Erprobung eines Kernreaktors im Weltraum) sind noch drei große Pegasus-Satelliten für Mikrometeoritenforschung und mehrere Explorer-Satelliten erwähnenswert (sämtlich USA). Die Sowjetunion startete ihre ersten Nachrichtensatelliten Molnija 1 (erstmalig am 23. 4.), über die auch Farbfernsehprogramme nach Frankreich übertragen wurden, die USA den ersten kommerziellen Relaisatelliten Early Bird. Am 18. 7. wurde in der Sowjetunion die Raumstation Proton 1 (> 12 t) zur Untersuchung

der kosmischen Strahlung in eine Erdumlaufbahn gebracht; Proton 2 folgte im November. Frankreich startete seinen ersten Erdsatelliten A 1. Die amerikanischen Mondsonden Ranger 8 und 9 waren ebenso erfolgreich wie Ranger 7 im Vorjahr. Die sowjetische Sonde Luna 5 erprobte am 12. 5. erstmals die Systeme für eine weiche Landung auf der Mondoberfläche. Die Versuche zur weichen Landung von Luna 7 und 8 blieben ohne Erfolg, Luna 6 verfehlte den Mond. Die sowjetische Sonde 3 fotografierte am 20. 7. die noch unbekannten Teile der Rückseite des Mondes. Im November startete die Sowjetunion zwei Venussonden; Venus 2 passierte am 27. 2. 66 den Nachbarplaneten in 24000 km Entfernung, Venus 3 ging am 1. 3. 66 als erster Raumflugkörper auf der Venusoberfläche nieder. 1966: Den amerikanischen Astronauten N. Armstrong und D. Scott gelang beim vorzeitig abgebrochenen Flug von Gemini GT-8 am 16. 3. das erste Ankopplungsmanöver (Docking) im Weltraum mit einer Agena-Rakete. Während des Fluges von Gemini GT-9 (3. 6.) mit T. Stafford und E. Cernan verließ letzterer für zwei Stunden das Raumschiff. Bei den weiteren bemannten Raumflügen dieses Jahres — Gemini GT-10 (18. 7., J. Young und M. Collins), Gemini GT-11 (12. 9., C. Conrad und R. Gordon) und Gemini GT-12 (11. 11., J. Lovell und E. Aldrin) — erfolgten Dockings und einfache Arbeiten außerhalb der Raumschiffe. Unter den Kosmos-Satelliten ist besonders Kosmos 110 bemerkenswert, mit dem die Auswirkungen eines dreiwöchigen Raumfluges auf Tiere erprobt wurden; mit Kosmos 122 startete die Sowjetunion ihren ersten Wettersatelliten.

Raumschiff	Bezeichnung	Staat	Start (GMT)	Flugdauer	Umläufe	Kosmonauten
Wostok 1	1961 μ 1	UdSSR	12. 4. 1961, 6 ⁰⁷	1 ^h 46 ^m	1	J. Gagarin
Wostok 2	1961 τ 1	UdSSR	8. 8. 1961, 6 ⁰⁰	1 ^d 1 ^h 18 ^m	17	G. Titow
Mercury MA 6	1962 γ 1	USA	20. 2. 1962, 14 ⁴⁷	4 ^h 56 ^m	3	J. Glenn
Mercury MA 7	1962 τ 1	USA	24. 5. 1962, 12 ⁴⁵	4 ^h 56 ^m	3	S. Carpenter
Wostok 3	1962 α μ 1	UdSSR	11. 8. 1962, 8 ³⁰	3 ^d 22 ^h 22 ^m	64	A. Nikolajew
Wostok 4	1962 α ν 1	UdSSR	12. 8. 1962, 8 ⁰⁰	2 ^d 22 ^h 57 ^m	48	P. Popowitsch
Mercury MA 8	1962 β δ 1	USA	3. 10. 1962, 12 ¹⁵	9 ^h 13 ^m	6	W. Schirra
Mercury MA 9	1963 15A	USA	15. 5. 1963, 13 ⁰⁴	1 ^d 10 ^h 20 ^m	23	G. Cooper
Wostok 5	1963 20A	UdSSR	14. 6. 1963, 12 ⁰⁰	4 ^h 23 ^h 6 ^m	81	V. Bykowski
Wostok 6	1963 23A	UdSSR	16. 6. 1963, 9 ³⁰	2 ^d 22 ^h 50 ^m	48	V. Tereschkowa
Wos'chod 1	1964 65A	UdSSR	12. 10. 1964, 7 ³⁰	1 ^d 17 ^m	16	W. Komarow, K. Feoktistow, B. Jegorow
Wos'chod 2	1965 22A	UdSSR	18. 3. 1965, 7 ⁰⁰	1 ^d 2 ^h 2 ^m	17	P. Belja jew, A. Leonow
Gemini GT 3	1965 24A	USA	23. 3. 1965, 14 ³⁴	4 ^h 54 ^m	3	V. Grissom, J. Young
Gemini GT 4	1965 43A	USA	3. 6. 1965, 15 ¹⁶	4 ^d 1 ^h 57 ^m	65	J. McDivitt, E. White
Gemini GT 5	1965 68A	USA	21. 8. 1965, 14 ⁰⁰	7 ^d 22 ^h 56 ^m	127	G. Cooper, C. Conrad
Gemini GT 7	1965 100A	USA	4. 12. 1965, 16 ³⁰	13 ^d 18 ^h 35 ^m	220	F. Borman, J. Lovell
Gemini GT 6	1965 104A	USA	15. 12. 1965, 13 ³⁷	1 ^d 1 ^h 52 ^m	17	W. Schirra, T. Stafford
Gemini GT 8	1966 20A	USA	16. 3. 1966, 16 ⁴¹	10 ^h 43 ^m	7	N. Armstrong, D. Scott
Gemini GT 9	1966 47A	USA	3. 6. 1966, 13 ³⁹	3 ^d 21 ^m	48	T. Stafford, E. Cernan
Gemini GT 10	1966 66A	USA	18. 7. 1966, 22 ³⁰	2 ^d 22 ^h 46 ^m	46	J. Young, M. Collins
Gemini GT 11	1966 81A	USA	12. 9. 1966, 14 ⁴²	2 ^d 23 ^h 17 ^m	47	C. Conrad, R. Gordon
Gemini GT 12	1966 104A	USA	11. 11. 1966, 20 ⁴⁶	3 ^d 22 ^h 35 ^m	63	J. Lovell, E. Aldrin
Sojus 1	1967 37A	UdSSR	23. 4. 1967, 0 ³⁵	1 ^d 2 ^h 45 ^m	18	W. Komarow
Apollo AS 7	1968 89 A	USA	11. 10. 1968, 15 ⁰³	10 ^d 20 ^h 9 ^m	174	W. Schirra, D. Eisele, W. Cunningham
Sojus 3	1968 94 A	UdSSR	26. 10. 1968, 8 ³⁴	3 ^d 22 ^h 51 ^m	64	G. Beregowoi
Apollo AS 8	1968 118 A	USA	21. 12. 1968, 12 ⁵¹	6 ^d 3 ^h	3 Erd-, 10 Mond-uml.	F. Borman, J. Lovell, W. Anders
Sojus 4		UdSSR	14. 1. 1969, 7 ³⁹	2 ^d 23 ^h 14 ^m	48	W. Schatalow
Sojus 5		UdSSR	15. 1. 1969, 7 ¹⁴	3 ^d 46 ^m	49	B. Wolynow, A. Jelisseejew, J. Chrunow

Proton 3 setzte das Programm von Proton 2 fort. Die sowjetischen Nachrichtensatelliten Molnija 1 C und 1 D übertrugen zusätzlich Fernsehaufnahmen der Erdoberfläche. Weitere amerikanische Wettersatelliten (darunter vom Typ Essa für den Direktempfang von Wolkenbildern) und Meßsatelliten wurden gestartet, so der geodätische Ballonsatellit Pageos 1, der stationäre Mehrzwecksatellit ATS 1 und der biologische Satellit Biosat 1. Ferner sind die erste Erprobung eines MOL-Modells (Abk. für englisch *Manned Orbiting Laboratory*, „Bemanntes Laboratorium in Erdumlaufbahn“) für eine militärische Raumstation sowie der gleichzeitige Start von 7 militärischen Nachrichtensatelliten zu erwähnen. Der erste Intelsat-2-Nachrichtensatellit erreichte nicht die geplante Bahn. Zu einem großen Erfolg des sowjetischen Mondforschungsprogramms wurde die Sonde Luna 9, die am 3. 2. als erste auf dem Mond weich landete und unter anderem Fernsehbilder der Mondoberfläche zur Erde sandte. Zwei Monate später gelang es der Sowjetunion, den ersten Mondsatelliten Luna 10 auf seine Bahn zu bringen, weitere Mondsatelliten für physikalische Messungen und photographische Erkundung (Sowjetunion: Luna 11, 12; USA: Lunar Orbiter 1, 2) folgten. Die Sonde Surveyor 1 der USA landete am 2. 6. ebenfalls weich auf der Mondoberfläche, während Surveyor 2 fehlschlug. Die sowjetische Sonde Luna 13 untersuchte erstmalig nach ihrer weichen Landung am 24. 12. die Festigkeit und Dichte des Mondbodens.

1967: Die Sowjetunion setzte am 23. 4. zum ersten Male einen neuen Typ großer Raumschiffe (Sojus 1) ein. An Bord befand sich der Kosmonaut W. Komarow, der nach Erfüllung des Flugprogramms bei der Landung tödlich verunglückte. Die USA erprobten erstmals ein unbemanntes Apollo-Raumschiff. Mit zahlreichen Kosmos-Satelliten, von denen viele wieder zur Erde zurückgeführt wurden, intensivierte die Sowjetunion ihre Aktivität im Weltraum. Dabei wurden unter anderem unbemannte Sojus-Raumschiffe erprobt, die Meßsatelliten Kosmos 159 und 174 erreichten langgestreckte Umlaufbahnen durch die Strahlungsgürtel. Eine hervorragende steuerungstechnische Leistung war das erste vollautomatische Rendezvous-Manöver und die Kopplung der unbemannten Satelliten Kosmos 186 und 188 am 30. 10. durch die Sowjetunion. Die USA, Frankreich, Großbritannien, Italien und Australien starteten ebenfalls Satelliten, die USA unter anderem die Forschungsatelliten OSO 3 und 4 und OGO 4, zwei weitere IMP-Satelliten sowie zwei Vela-Satelliten. Mehrere Wettersatelliten (z. B. Kosmos 144, 156 und 184 der Sowjetunion sowie 3 Essa-Satelliten der USA) und Nachrichtensatelliten (3 Molnija-1-Satelliten der Sowjetunion, 3 Intelsat-2-Satelliten der USA, dazu militärische Fernmelde-satelliten) gelangten in Erdumlaufbahnen. Die Kapsel des biologischen Satelliten Biosat 2 der USA konnte geborgen werden. Die USA setzten die Erkundung des Mondes mit drei weiteren Lunar-Orbiter-Satelliten sowie den am 20. 4., 11. 9. bzw. 10. 11. weich gelandeten Sonden Surveyor 3, 5 und 6 fort; letztere untersuchten auch die Beschaffenheit des Mondbodens. Im Juni starteten die Sowjetunion und die USA je eine Venussonde (Venus 4 und Mariner 5). Die weiche Landung von Venus 4 auf dem Planeten am 18. 10. war ein außerordentlicher Erfolg; die Landekapsel übertrug während des gesamten Abstiegs durch die Venusatmosphäre Meßwerte. Mariner 5 passierte die Venus am 19. 10. in 4000 km Entfernung.

1968: Die wichtigsten Ereignisse waren der Flug eines bemannten Raumschiffes zum Mond (am 21. 12. startete das amerikanische Raumschiff Apollo 8 mit F. Borman, J. Lovell und

W. Anders, umkreiste am 24./25. 12. den Mond zehnmal und kehrte am 27. 12. zur Erde zurück), die Flüge der bemannten Raumschiffe Sojus 3 (UdSSR; G. Beregowoi) vom 26. bis 30. 10. und Apollo 7 (USA; W. Schirra, D. Eisele, W. Cunningham) vom 11. bis 22. 10., die automatische Kopplung von Kosmos 212 und 213 am 15. 4. und die Bergung der sowjetischen Sonden 5 und 6 am 21. 9. bzw. 17. 11., die am 18. 9. bzw. 14. 11. den Mond mit Tieren und Pflanzen umkreist hatten. Ferner wurden unbemannte Raumschiffe (z. B. Sojus 2, Apollo 6), Meßsatelliten (Proton 4, Kosmos-Satelliten, darunter der von mehreren soz. Ländern ausgerüstete Kosmos 261, mehrere Explorer-Satelliten, OGO 5, OAO 2, drei westeuropäische ESRO- bzw. Heos-Satelliten), Wettersatelliten (Kosmos 206, 226, 250, Essa 7 und 8), Nachrichtensatelliten (drei Molnija-1-Satelliten) und Geheimsatelliten auf Umlaufbahnen gebracht. Am 10. 1. landete die amerikanische Sonde Surveyor 7 weich auf der Mondoberfläche. Von der Sowjetunion wurde Luna 14 in eine Mondumlaufbahn gebracht, ferner wurde von ihr die Sonde 4 und von den USA Pioneer 9 gestartet.

Die jährliche Zahl der Starts von Raumflugkörpern wächst laufend: 2 (1957), 8 (1958), 14 (1959), 19 (1960), 35 (1961), 72 (1962), 55 (1963), 87 (1964), 112 (1965), 118 (1966), 127 (1967).

Lit. Stache u. Pfaffe: Typenbuch der Raumflugkörper, Tl 1: 1957–1964 (Berlin, 1964), Tl 2: 1964–1967 (Berlin 1967); Sternfeld: Künstliche Satelliten (dtsh Leipzig 1959); Meyers Taschenlexikon Raketentechnik und Raumfahrt (2. Aufl. Leipzig 1968); Ztschr. Astronomie und R. (Berlin); → Rakete.

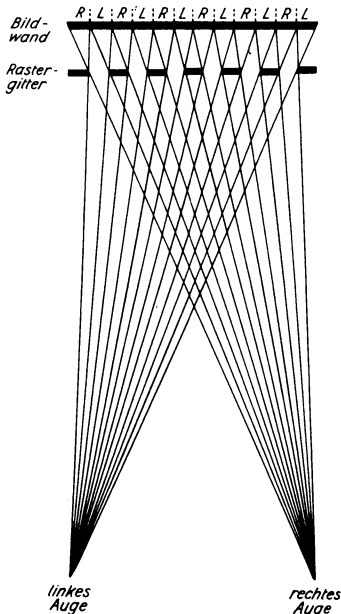
Raumfahrt-Navigation, Weltraum-Navigation, die → Navigation für Zwecke der Raumfahrt. Sowohl unbemannte als auch bemannte Raumflugkörper müssen für die Navigation Verfahren anwenden, die sich im Bezugskordinatensystem, in den Navigationshilfen und in der Genauigkeit von den Verfahren für die erdnahe Luftfahrt unterscheiden. Die Navigation erfordert die Bestimmung des Geschwindigkeitsvektors und der Position des Flugkörpers. Als Bezugskordinatensystem für den Raumflug eignen sich die Sonne als Nullpunkt und drei weit entfernt liegende Sterne als Bezugspunkte für die Koordinatenrichtungen. Es ist auch möglich, den Raumflugkörper als Nullpunkt zu wählen und die Sonne sowie Planeten als Bezugspunkte. Die momentane Lage der Planeten muß dabei bekannt sein. Als Navigationshilfen stehen die Himmelskörper zur Verfügung. Der Richtungswinkel zu diesen Himmelskörpern kann mit optischen Mitteln manuell oder automatisch bestimmt werden. Künstliche Erdsatelliten eignen sich – soweit deren momentaner Standort oder deren Flugbahn mit ausreichender Genauigkeit bekannt sind – vom Verfahren her gesehen mehr, da sich die Richtungsbestimmung mit funkttechnischen Verfahren einfacher durchführen läßt (→ Satellitennavigation). Wegen der großen Entfernungen, die bei Raumflügen auftreten, muß eine sehr große Genauigkeit gewährleistet werden. Beispielsweise würde bei einem Flugweg von 384 000 km, was der mittleren Entfernung Erde-Mond entspricht, eine Winkelabweichung von 0,1° bei der Richtungsbestimmung eine seitliche Abweichung von 670 km ergeben. Bevorzugt wird bei der Raumfahrt die → Trägheitsnavigation (Inertialnavigation) angewendet.

Raumfilmverfahren, ein Verfahren zur Herstellung von Filmen (stereoskopische Filme, abg. Stereofilme, plastische Filme, dreidimensionale Filme, abg. Drei-D-Filme oder 3-D-Filme), die einen stärkeren räumlichen Eindruck als gewöhnliche Filme vermitteln. Dieser Eindruck beruht darauf, daß das binokulare Raumsehen (→ Stereoskopie) mit herangezogen wird. Hierzu müssen zwei Bilder der gleichen Aufnahme-

objekte, die von zwei verschiedenen Standpunkten, den Projektionszentren, aus mit einem solchen Abstand, der dem Augenabstand entspricht, aufgenommen wurden, einander überlagernd projiziert und für die Betrachtung dabei wieder optisch so getrennt werden, daß jedem Auge nur das ihm zugeordnete Bild erscheint. Es werden zwei getrennte Übertragungskanäle verwendet, die aus je einer Bildkamera, einem Filmband und einer besonderen Wiedergabeapparat bestehen.

Die Bildtrennung kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen. 1) Bei den *Brillenverfahren*, bei denen der Betrachter eine Brille trägt, kann man das Polarisationsverfahren oder das Anaglyphenverfahren anwenden.

Beim *Polarisationsverfahren* (\rightarrow Polarisation) wird das Licht jedes Bildes polarisiert; die Polarisationsrichtungen beider Bilder stehen senkrecht zueinander. Der Betrachter hat in seiner Brille Polarisationsfolien, deren Polarisationsrichtungen mit den Polarisationsrichtungen der Bilder übereinstimmen. Dabei sieht ein Auge nur das Bild, das in gleicher Richtung wie die Polarisationsrichtung seines Filters polarisiert ist; das senkrecht dazu polarisierte andere Bild bleibt unsichtbar. Das \rightarrow *Anaglyphenverfahren* ist nur für Schwarz-Weiß-Film geeignet und wird für Spielfilme nicht mehr angewendet.



Brillenloses Raumfilmverfahren (Iwanow-Verfahren). Die Rasterstreifen verdecken jedem Auge das jeweils falsche Teilbild

2) Bei dem sehr aufwendigen *brillenlosen Verfahren* (*Iwanow-Verfahren*) werden beide Teilbilder durch ein feines Raster vor der Projektionswand übereinanderprojiziert und betrachtet. Die Rasterlücken ermöglichen die Betrachtung der dem Auge zugeordneten Bildstreifen, die Rasterstreifen verdecken die dem anderen Auge zugeordneten Bildstreifen. Der Raster besteht aus fächerförmig ausgespannten Drahtbündeln oder wird optisch aus Zylinderlinsen aus Glas oder Kunststoff erzeugt.

Raumflug, \rightarrow Raumfahrt.

Raumgitter, \rightarrow Kristall.

Raumgruppe, \rightarrow Kristall.

Rauminhalt, Volumen, V , die Zahl der in einem Körper enthaltenen Raumeinheiten (cm^3 , m^3 , l, hl u. a.). Der R. von Körpern mit gekrümmter Oberfläche ist nur in wenigen Fällen in geschlossener Form angebar, z. B. für die Kugel. Die Berechnung des R.s ist Aufgabe der Integralrechnung. (\rightarrow Guldinsche Regeln).

Raumklang, Rauntön, räumliche Klangwirkung bei der elektroakustischen Wiedergabe von Schallereignissen (\rightarrow Stereophonie); häufig angewandt im Sinne von \rightarrow Drei-D-Klang.

Raumkurve, im allgemeinen jede Kurve im Raum; im besonderen eine Kurve, die nicht in einer Ebene liegt. Eine solche ist z. B. die \rightarrow Schraubenlinie. Neben der *Krümmung* als Maß für die Abweichung vom geradlinigen Verlauf tritt bei einer R. als Maß für die Abweichung vom ebenen Verlauf die *Windung* (*Torsion*) hinzu.

Analytisch ist eine R. meist in Parameterdarstellung (\rightarrow Kurve) gegeben: $x = \varphi(t)$, $y = \psi(t)$, $z = Z(t)$ oder als Schnitt zweier Flächen: $F(x, y, z) = 0$ und $G(x, y, z) = 0$. Deutet man den Parameter t als die Zeit, so liefert die Parameterdarstellung die Bewegung eines Punktes im Raum, die R. wird zu einer *Bahnkurve*.

Als *Schmiegeebene* an die R. in einem Kurvenpunkt P erklärt man die Grenzlage der durch drei Kurvenpunkte P , P_1 und P_2 gelegten Ebene, die sich ergibt, wenn P_1 und P_2 gegen P streben. Unter den durch P gehenden, senkrecht auf der Tangente im Punkt P stehenden Geraden zeichnet man zwei besonders aus: die *Hauptnormale* (liegt in der Schmiegeebene) und die *Binormale* (steht senkrecht auf der Tangente und der Hauptnormalen). Die von der Hauptnormalen und der Binormalen in P aufgespannte Ebene bezeichnet man als *Normalebene*, die von der Tangente und der Binormalen aufgespannte Ebene als *rektifizierende Ebene* (*Streckebene*) an die R. im Punkte P .

Raumladung, die elektrische Ladung eines Ionen oder Elektronen enthaltenden Raumeiles in einem Gas oder im Vakuum. Eine R. entsteht z. B., wenn sich vor einer Glühkatode Elektronen oder vor einer Anode von ihr emittierte Sekundärelektronen ansammeln. Durch R.en wird das von außen angelegte elektrische Feld verzerrt. Eine große Rolle spielen R.en bei der Gasentladung und in der Elektronenröhre.

Raumschiff, \rightarrow Raumfahrt.

Raumsonde (Tafel 18), ein Raumflugkörper (\rightarrow Raumfahrt), dessen Aufgabe in verschiedenen wissenschaftlichen Messungen im interplanetaren Raum (*interplanetare Sonde*) sowie in der Umgebung und an der Oberfläche anderer Himmelskörper (*Planetensonde*) besteht und der normalerweise zunächst keine Satellitenbahn um die Erde oder einen Planeten erreicht. Die geozentrische Anfangsbahn ist eine langgestreckte Ellipse, eine Parabel oder Hyperbel. Bei einer Annäherung an einen anderen Himmelskörper kann diese Bahn stark verändert werden; für den weiteren Bahnverlauf gibt es folgende Möglichkeiten: 1) Absturz auf die Erde, auf den Mond oder auf einen Planeten (einschließlich Landung), 2) Übergang in eine Satellitenbahn um einen dieser Himmelskörper, 3) Übergang in eine Planetenbahn um die Sonne (künstliche \rightarrow Planetoiden). Später wird eventuell noch 4) der Absturz auf die Sonne und 5) das Entweichen in den interstellaren Raum hinzukommen. Die Startgeschwindigkeit einer R. muß nahezu gleich der 2. \rightarrow kosmischen Geschwindigkeitsstufe oder höher sein.

R.n werden mit Hilfe mehrstufiger Raketen in ihre Bahn gebracht, teilweise unter Zwischenschalten einer \rightarrow Parkbahn.

Von den bis Ende 1967 gestarteten 54 R.n (\rightarrow Raumfahrt, Tab.) dienten 37 hauptsächlich

der Erforschung des Mondes (**Mondsonden**, → **Mondprojekt**); 16 R.n. waren für Messungen im interplanetaren Raum und in der Nähe der Nachbarplaneten vorgesehen (**Venus-**, **Marssonden**, → **Venusprojekt**, → **Marsprojekt**), 1 war zugleich Mond- und interplanetare Sonde. 2 R.n. stürzten auf die Erde zurück, 5 erreichten zunächst Erdsatellitenbahnen (z. B. Lunik 3), 11 stürzten auf den Mond (harte Landung, z. B. Lunik 2, Ranger 7), 6 landeten weich auf der Mondoberfläche (z. B. Luna 9), 9 R.n. erreichten eine Mondsatellitenbahn (z. B. Luna 10), und 21 R.n. gelangten unmittelbar in eine Planetenbahn (z. B. Mars 1, Mariner 2).

Raumstation, → **Raumfahrt**.

Raumton, svw. → **Raumklang**.

Raumtonfilm-Wiedergabe, → **stereophone Filmwiedergabe**.

Räum- und Sammelpresse, Aufsammlerpresse, Pick-up-Presse, eine Erntebearbeitungsmaschine, die Stroh und Heu aus dem Schwaden aufnimmt, preßt und bindet, im Prinzip eine → **Strohpresse** mit einer Vorrichtung zum Aufnehmen des Erntegutes. Die Maschine wird von einem Traktor gezogen und von dessen Zapfwelle angetrieben. Seltener sind R.- u. S.n. mit Selbstantrieb mittels Aufbaumotor. Man unterscheidet die R.- u. S.n. nach der Preßdichte in **Niederdruckpressen** (40 bis 80 kp m⁻³) und **Hochdrucksammlerpresse** (80 bis 200 kp m⁻³).

Raum und Zeit, die beiden grundlegenden Existenzformen der Materie; sie stehen mit dieser in untrennbarem Zusammenhang. Historisch gibt es zwei verschiedene Auffassungen des Raumes, und zwar die der euklidischen und der nichteuklidischen Geometrie, die als zwei verschiedene Stufen in der Vertiefung unserer Kenntnisse über das Wesen des Raumes zu betrachten sind, → **Raum**.

Während für die atomistische Lehre ein leerer Raum existiert, kann nach der Auffassung von Descartes ein solcher nicht existieren. Die Materie, die eine stetige Struktur habe, erfülle den ganzen Raum. Daraus ergibt sich eine ganz andere Auffassung von der Bewegung der Materie, die Welttheorie Descartes'.

Der dialektische Materialismus betrachtet R. u. Z. als Existenzformen der Materie; sie sind objektiv, weil sie als grundlegende Daseinsformen der Materie von dieser nicht zu trennen sind und nicht als selbständige Objekte, die der Materie vorhergehen, angesehen werden dürfen.

Man spricht auch von *n*-dimensionalen, Phasen-, Konfigurations- und isotopischen „Räumen“, die als mathematische Hilfsmittel zu betrachten sind, nicht aber als reale Räume. Diese Räume drücken einzelne Charakterzüge und Besonderheiten des gewöhnlichen dreidimensionalen Raumes aus.

Die Zeit, mit der wir operieren, ist mit konkreten (periodischen) Bewegungen verbunden: die Drehung der Erde um ihre Achse, die Bewegung um die Sonne usw. Dementsprechend bestimmt eine Reihe von Denkern die Zeit als etwas Gleichförmiges und Absolutes.

In eine neue Etappe der Entwicklung der Raum- und Zeitbegriffe sind wir mit der → **Relativitätstheorie** eingetreten. Die Relativitätstheorie hat gezeigt, daß die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit der alten Auffassung von absolutem Raum und absoluter Zeit unvereinbar ist. Auf Grund der Relativitätstheorie hat Minkowski (1908) den univariellen, absoluten Zusammenhang zwischen Raum und Zeit festgestellt.

In der speziellen Relativitätstheorie ist die Auffassung vom Raum verallgemeinert, jedoch bleibt er euklidisch. Dagegen wird bei der weiteren Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie zur allgemeinen Relativitätstheorie der nichteuklidische Charakter des Raumes fest-

gestellt, was unter anderem von der Ablenkung der Lichtstrahlen durch Schwerfelder bestätigt wird.

Raumwelle, 1) eine elektromagnetische Welle, die sich außerhalb des Einflußbereichs der Erdoberfläche ausbreitet. Gegensatz: → **Bodenwelle**. Besondere Bedeutung hat die R. im Kurzwellenbereich, weil durch ein- oder mehrfache Reflexionen in der Ionosphäre (Heaviside-Schicht) weltweite Funkverbindungen erzielt werden können (Kurzwellenrundfunk, kommerzieller Funk im Kurzwellenbereich). Bei Dunkelheit wird auch die R. im Mittelwellenbereich in der Ionosphäre reflektiert, so daß nachts auch beachtliche Reichweiten auf Mittelwelle auftreten.

2) → **Erdbeben**.

Raumwinkel, Maß für den Raumteil, der durch einen beliebig gestalteten Kegel(mantel) aus dem Gesamttraum herausgeschnitten wird. Der R. wird durch die Kugelfläche gemessen, die er aus einer Kugel mit dem Radius 1 herauserschneidet, die den Scheitel des R.s als Mittelpunkt hat. Dabei können R. verschiedener Gestalt die gleiche Größe haben. Der „volle R.“ erhält den Wert 4π. Die Einheit des R.s ist der → **Steradian** (Kurzsz. sr).

Raumzellenbauweise, eine Montagebauweise und Ausführungsmethode auf der Grundlage vorgefertigter Raumzellen. Die R. befindet sich noch in der Entwicklung. Die in Betonwerken vorgefertigten, in sich abgeschlossenen und vollständig komplettierten Raumzellen (Küche, Bad, Zimmer) werden auf Spezialfahrzeugen zur Baustelle transportiert und mit dem Portalkran geschößweise nach der Grundrißlösung montiert.

Rauschen, eine Störung, die man im Lautsprecher als wasserfallähnliches Geräusch hören oder auf dem Bildschirm als „Schneegestöber“ oder „Grieß“ sehen kann. Hinsichtlich der Entstehung des R.s unterscheidet man: 1) **Widerstandsrauschen** (verursacht durch statistische Schwankung der Elektronen im Leiter), 2) **Röhrenrauschen** (→ **Schroteffekt**, → **Funkleffekt**, Stromverteilungsrauschen), 3) **Transistorrauschen** (Schroteffekt, Funkleffekt) und 4) **Antennenrauschen** (Strahlungswiderstand, kosmische Rauscheinstrahlung). Das R. begrenzt die erzielbare Empfindlichkeit von Empfangseinrichtungen.

Rayleigh-Jeansches Strahlungsgesetz, → **Strahlungsgesetze**.

Rayleigh-Scheibe, in der Akustik eine kleine, an einem dünnen Torsionsfaden aufgehängte Glimmerscheibe, die zur Absolutmessung von Mikrofonen verwendet wird. Sie erfährt im Schallfeld ein dem Quadrat der Schallschnelle proportionales Drehmoment, das die Scheibe senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Schalles zu drehen versucht. Die Wirkung kleiner, in Flüssigkeiten suspendierter Metallblättchen im US-Bildwandler beruht auf demselben Effekt.

Rayleigh-Streuung, → **Streuung**.

Razemat, → **Stereochemie**.

Rb, Symbol für → **Rubidium**.

RBE, → **Rem**.

R-Boot, Abk. für → **Minenräumboot**.

RBW, → **Rem**.

rd, 1) Kurzsz. für → **Rutherford**. 2) Kurzsz. für → **Rad**.

Re, 1) Symbol für → **Rhenium**. 2) **Re**, Zeichen für → **Reynoldssche Zahl**.

Reagens n, *Plur.* Reagenzien oder Reagentia, allgemein jeder chemische Stoff, der benutzt wird, um chemische Reaktionen, z. B. Fällungen, Umsetzungen, Zersetzungen und Farbumschläge, hervorzurufen.

Reagenz f, svw. chemische Reaktion.

Reagenzpapier, **Indikatorpapier**, ein Filterpapierstreifen, der mit einer Reagenslösung

(Farbstoff oder andere Chemikalien) getränkt ist und in der analytischen Chemie als Indikator dient. Am häufigsten werden Lackmuspapier (\rightarrow Lackmus) und Unitest-Papier verwendet.

Reaktanz, \rightarrow Wechselstromwiderstand.

Reaktanzröhre, eine Elektronenröhre mit einem aus Widerstand und Kapazität oder Widerstand und Induktivität bestehenden phasendrehenden Spannungsteiler. Diese Schaltung stellt zwischen Anode und Katode einen von der Steilheit abhängigen induktiven oder kapazitiven Blindwiderstand (Reaktanz) dar. Durch Änderung der Gitterspannung kann die Größe dieser Reaktanz beeinflusst werden. Die R. wird einem Schwingkreis parallel geschaltet, so daß die von einer Wechselspannung verursachte Gitterspannungsänderung die Eigenfrequenz des Schwingkreises ändert. R.n benutzt man zur Frequenzmodulation (bei Sendern oder Resonanzkurvenschreibern) und bei der automatischen Scharfabstimmung von Überlagerungsempfängern.

Reaktion, die chemische Umwandlung von chemischen Elementen oder Verbindungen (Ausgangsstoffe) in andere chemische Elemente oder Verbindungen (Endstoffe, **Reaktionsprodukte**). Chemische R.en lassen sich durch bestimmte **Reaktionsgleichungen** beschreiben, z. B. $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$. **Ionenreaktionen** gehen zwischen Ionen, vor allem im gelösten Zustand, vorstatten. Sie verlaufen sehr schnell, und zwar in der Richtung, in der eine undissoziierte oder schwerlösliche Verbindung entsteht, z. B. $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$. Sie spielen vor allem in der anorganischen Chemie eine große Rolle. **Zeitreaktionen** benötigen zum Ablauf längere Zeit (Stunden bis Tage) oder gehen überhaupt nur bei katalytischer Beschleunigung vorstatten. Sie verlaufen vor allem zwischen Molekülen und kommen in der organischen Chemie vor, z. B. bei der Esterbildung. Weiteres \rightarrow Reaktionskinetik.

Reaktionsgleichung, \rightarrow Gleichung.

Reaktionsgrundierung, **Reaktions-Primer**, **Wash-Primer**, ein Haftgrundmittel zur Vorbereitung von Metalloberflächen für nachfolgende Farb-anstriche. R.en haben die Aufgabe, die Haftung des Grundanstriches zu verbessern und die Metalloberfläche weniger leicht angreifbar zu machen. Sie enthalten Phosphorsäure, Alkohole, Filmbildner (z. B. Polyvinylbutyral) und Rostschutzpigmente (vorwiegend Zinkchromat). Das Aufbringen erfolgt durch Spritzen oder Tauchen, seltener durch Anstreichen. Optimale Schichtdicken liegen zwischen 7 und 13 μm .

Reaktionsisotherme, svw. \rightarrow Massenwirkungsgesetz.

Reaktionskinetik, chemische R., chemische Kinetik, die Lehre über die Gesetzmäßigkeiten des zeitlichen Ablaufs chemischer Reaktionen, über ihre Geschwindigkeit und die sie beeinflussenden Faktoren sowie über den Mechanismus des Ablaufs chemischer Reaktionen. Während bei Temperaturerhöhung die **Reaktionsgeschwindigkeit** chemischer Reaktionen zunimmt (bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C nach einer Faustregel etwa um das 2- bis 3fache), ist die Reaktionsgeschwindigkeit bei gegebener Temperatur von der Konzentration der Reaktionspartner abhängig. Man unterscheidet Reaktionen erster, zweiter und dritter Ordnung. Die Geschwindigkeit einer Reaktion erster Ordnung ist der Konzentration nur eines Reaktionspartners proportional. Das bekannteste Beispiel hierfür ist der radioaktive Zerfall. Bei Reaktionen zweiter Ordnung ist die Geschwindigkeit dem Produkt der Konzentrationen zweier Reaktionspartner proportional, während die Geschwindigkeit einer Reaktion dritter Ordnung dem Produkt dreier Konzentrationen proportional ist. Die Reaktionsordnung bezieht sich auf den mathematischen Ausdruck der Geschwindigkeits-

gleichung. Die **Reaktionsmolekularität** gibt dagegen die Anzahl derjenigen Partikeln (Ionen, Moleküle, Atome oder freie Radikale) an, die im geschwindigkeitsbestimmenden Schritt an der Bildung oder Spaltung von Bindungen beteiligt sind, und soll daher nur zur Beschreibung eines bestimmten **Reaktionsmechanismus** benutzt werden. Je nachdem, wieviel Partikeln an einer Elementarreaktion beteiligt sind, spricht man von mono-, bi- oder trimolekularen Reaktionen.

Lit. Frank-Kamenetzki: Stoff- und Wärmeübertragung in der chemischen Kinetik (dtsch Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959); Pantschenkow u. Lebedew: Chemische Kinetik und Katalyse (dtsch Berlin 1964); Semjonow: Einige Probleme der chemischen Kinetik und Reaktionsfähigkeit (dtsch Berlin 1961).

Reaktionsöfen, 1) Industrieöfen ohne Fremdbeheizung, in denen die sich abspielenden Reaktionen selber genügend Wärme liefern, z. B. Röstöfen, Konverter.

2) Industrieöfen, in denen in großtechnischem Maßstab chemische Reaktionen bei hohen Temperaturen durchgeführt werden. Als R. können hierzu Schachtöfen, Drehrohröfen und Kontaktofen eingesetzt werden.

Reaktions-Primer, \rightarrow Reaktionsgrundierung.

Reaktionsprinzip, \rightarrow Newtonsche Axiome.

Reaktionsquerschnitt, \rightarrow Wirkungsquerschnitt.

Reaktionswärme, die Wärme, die bei einer chemischen Reaktion frei oder verbraucht wird. Sie wird meist auf den Umsatz von 1 Mol bezogen (molare R.). Heute rechnet man meist die R. bei endothermen Reaktionen positiv (das System nimmt Wärme auf, die Umgebung kühlt sich ab), bei exothermen Reaktionen negativ (das System verliert Wärme, die Umgebung erwärmt sich). Man unterscheidet R.n bei konstantem Druck (**Reaktionsenthalpie** ΔH) und R.n bei konstantem Volumen (**Reaktionsenergie** ΔU).

reaktive Waffen, \rightarrow Raketenwaffen; **Reaktiv-antrieb**, svw. Strahlantrieb, \rightarrow Strahltriebwerk.

Reaktivfarbstoffe, eine nach 1945 entwickelte Gruppe von leuchtenden und brillanten (farbstarken) Farbstoffen. Sie enthalten außer der eigentlichen Farbstoffkomponente, die hauptsächlich aus der Reihe der Azo-, Anthrachinon- und Phthalozyaninfarbstoffe stammt, spezielle reaktionsfähige Reste (**reaktive Gruppen**), über die sie während des Färbeprozesses eine chemische Bindung mit den Faserstoffen eingehen.

Reaktor, 1) eine Anlage, in der chemische Reaktionen großtechnisch ablaufen, z. B. der Kontaktofen beim Haber-Bosch-Verfahren.

2) svw. \rightarrow Kernreaktor.

Realgar, **Rauschrot**, ein Mineral, ein Arsenerz, As_2S_3 ; monoklin, rot, Härte nach Mohs 1,5 bis 2, D. 3,5 bis 3,6 g cm^{-3} . R. tritt stets untergeordnet in verschiedenen Erzgängen auf; ferner kommt R. als Sublimationsprodukt am Vesuv vor.

Realkristall, \rightarrow Festkörper.

Réaumurkale, nach dem französischen Physiker R. A. Ferchault de Réaumur benannte, auf dem Schmelzpunkt des Eises als Nullpunkt (und ursprünglich auf eine Alkoholwasser-mischung) bezogene Temperaturskale; nicht mehr gebräuchlich. 0 °R (Grad Réaumur) = 0 °C. Der Siedepunkt des Wassers lag bei 80 °R. Die Temperaturdifferenz von 1 grd entspricht $\frac{4}{5}$ Grad R. 1 °R = $\frac{5}{4}$ °C; z. B. 20 °R = 25 °C.

Rechenautomat (Tafel 47), eine Maschine, die mittels eines vorgegebenen Programms (\rightarrow Programmierung) umfangreiche Berechnungen selbsttätig auszuführen vermag. Ein **Universalrechen-automat** ist in der Lage, jede prinzipiell in einem R. lösbar Aufgabe zu erledigen, sofern diese einen bestimmten Umfang nicht überschreitet. Ein **Spezialrechenautomat** ist nur für die Lösung einer speziellen Aufgabe konstruiert (z. B. Analyse von Schaltkreisen) und läßt sich ohne Umbau nicht für andere Aufgaben verwenden.

Die Tätigkeit eines R.en ist dem Wesen nach eine **Informationsverarbeitung**: Eingangsinformationen werden nach rationalen Gesetzen in Ausgangsinformationen umgeformt (z. B. drei Zahlen in ihre Summe, die Koeffizienten einer linearen Differentialgleichung und ein Anfangswert in eine Lösungskurve, die Lagerbestände und Kundenbestellungen eines Versandhauses in die Nachbestellungen beim Erzeuger). Die Information kann physikalisch verschieden dargestellt werden, z. B. mechanisch, elektrisch, magnetisch, optisch, pneumatisch. Moderne R.en arbeiten meist auf elektronischer Grundlage.

Unabhängig von der physikalischen Realisierung existieren zwei Darstellungs- und Verknüpfungsprinzipien der Information — nämlich die analoge und die digitale —, deren Anwendung zu den zwei grundsätzlich zu unterscheidenden Typen von R.en führt, dem → **Analogierechenautomat** und dem → **Digitalrechenautomat**. Durch Kombination analoger und digitaler Elemente gelangt man zum → **Hybridrechenautomat**. In der Industrie und im Verkehrswesen wird der R. auch als → **Prozeßrechner** verwendet. Mitunter wird unter R. nur der Digitalrechenautomat verstanden.

Geschichtliches. Bereits 1833 plante Charles Babbage den Bau eines mechanischen R.en mit Zahlenspeicher und Programmspeicher. Die Programmsteuerung sollte nach dem von Jacquard 1808 für Webstühle angewandten Prinzip mit Lochkarten geschehen. Die erste brauchbare Lochkartenmaschine entwickelte 1886 Hermann Hollerith für die Auswertung von Volkszählungen. 1935 baute Konrad Zuse den ersten elektromechanischen Digitalrechenautomaten Z 1 (Rechen- und Speicherwerk arbeiten mit Relais und mechanischen Elementen). 1944 folgte Howard Aiken mit dem Relais-Großrechner MARK 1. Der erste elektronische Digitalrechenautomat ENIAC wurde 1946 in den USA gebaut. 1946 schuf John von Neumann die Grundlagen der modernen Digitalrechenautomaten vor allem durch den Gedanken, die Trennung von Zahlen- und Befehlsspeicher aufzuheben und die Befehle arithmetisch zu verändern.

Lit. → Digitalrechenautomat, → Analogierechenautomat, → Datenverarbeitung.

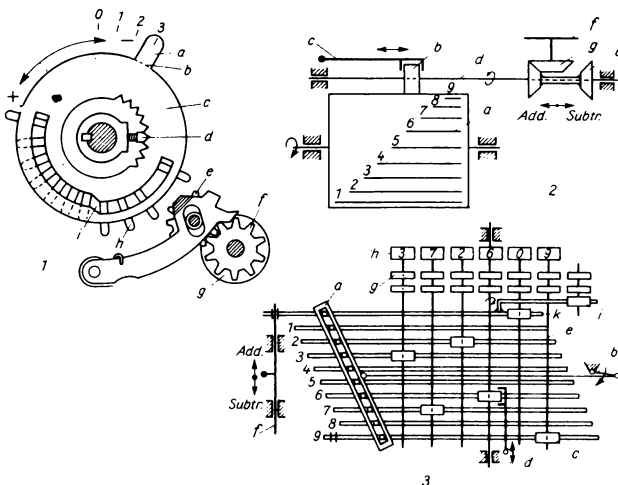
Rechenmaschine, mechanische oder elektronische Büromaschine zur Ausführung von Rechenoperationen. 1) Die **mechanische R.** ist eine Maschine für ziffernmäßiges Rechnen, insbesondere zur Ausführung der vier Rechenarten Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division. Einfache R.n besitzen ein **Einstellwerk**, in das die zu verarbeitenden Zahlen durch Betätigen von Tasten oder Hebeln eingestellt werden, ein **Schaltwerk** aus umlaufenden oder hin- und hergehenden Antriebsaggregaten, die den Rechenvorgang bewirken und z. B. durch Kurbelumdrehungen betätigt werden, ein **Resultatwerk**, in dem das Ergebnis erscheint, und ein **Umdrehungszählwerk**, in dem bei Multiplikation ein Faktor aufgenommen und bei Division der Quotient als Ergebnis gebildet wird. Verschiedene R.n haben ein Druckwerk. Mechanische R.n kann man einteilen in Addiermaschinen und Vierspeziesrechenmaschinen.

a) Bei den **Addiermaschinen** (heute meist **Saldiermaschinen**) erfolgt das Rechnen durch Bewegen einer Handkurbel oder Druck auf Funktionstasten, durch die die entsprechende Funktion eingestellt und mittels Motorkraft ausgeführt wird. Bei Addiermaschinen mit Druckwerk verbleiben die Summen so lange in der Maschine, bis sie durch Kurbelzug oder Druck auf die entsprechende Motortaste auf dem Papier gedruckt werden. Bei Subtraktion wird der Lauf der inneren Getriebeteile umgeschaltet. Meist ist zum Saldieren auch Subtraktion unter Null möglich, d. h., die Maschine zeigt den Minusbetrag an und druckt ihn in anderer Farbe. Die Multiplikation kann z. T. behelfsmäßig ausgeführt werden, z. T. erlauben eingebaute Zusatzvorrichtungen nach der Eingabe der Faktoren

den selbsttätigen Ablauf. Die Division ist nur als Multiplikation mit dem reziproken Wert des Divisors möglich.

Die Addiermaschinen werden in Zehner- und Volltastaturmaschinen eingeteilt. Bei den **Zehner-tastaturmaschinen** wird der zu addierende oder zu subtrahierende Wert stellenmäßig nacheinander eingetastet, wobei in einem verschiebbaren Stiftschlitten den Zahlen entsprechende Stellstücke eingestellt werden. Beim Umlauf der Maschine wird der im Stiftschlitten stehende Wert in das Zählwerk und das Druckwerk übertragen. Bei Multiplikation mit mehrstelligen Zahlen wird der Stiftschlitten stellenmäßig verschoben und der darin stehende Wert in den nächsten Stellen in das Zählwerk und das Druckwerk gebracht. **Volltastaturmaschinen** haben für jede Dezimalstelle eine Tastenreihe für die Ziffern 1 bis 9, Nullen brauchen nicht getastet zu werden. Addiermaschinen mit Volltastatur werden kaum noch produziert.

b) Die wichtigsten **Vierspeziesrechenmaschinen** sind Sprossenrad-, Schaltklinken-, Staffelwalzen- und Proportionalhebelmaschinen. Bei den **Sprossenradmaschinen** (Abb. 1) werden durch Einstellgriffe über die Einstellkurve einer Einstellscheibe in radialen Schlitten eines Sprossenrades verschiebbare Stifte, die Sprossen, über den Umfang der Radscheibe hinausgestoßen. Die Einstellscheibe wird in der gedrehten Stellung durch einen Raststift fixiert. Das Rechnen erfolgt durch Drehen einer Handkurbel und damit des Sprossenrades, so daß die Stifte als Zähne wirken und über ein Zwischenrad das Zählrad des Resultatwerkes entsprechend weiterschalten. Die Subtraktion erfolgt meist durch Rückwärtsdrehen der Handkurbel, die Division durch laufende Subtraktion. Die Multiplikation mit mehreren Faktoren wird durch mechanische Rückübertragung aus dem Resultatwerk in das Einstellwerk vollzogen. Tastaturmaschinen haben vorwiegend motorischen Antrieb. Die **Schaltklinkenmaschinen** ähneln in ihrem Aufbau den Sprossenradmaschinen.



Rechenmaschine. 1 Schema der Sprossenradmaschine: a Einstellgriff, b Sprossenrad, c Einstellscheibe, d Raststift, e Zwischenrad, f Zählrad, g Resultatwerk, h Sprosse, i Einstellkurve. 2 Schema der Staffelwalzenmaschine: a Staffelwalze, b Einstellrädchen zum Übertragen der Drehung der Staffelwalze auf das Resultatwerk, c durch Tastendruck verschiebbare Einstellschiene, d Vierkantwelle, e verschiebbares Doppelkegelrad, f Resultatwerk, g Kegelrad (mit f verbunden). 3 Schema der Proportionalhebelmaschine: a Proportionalhebel, b Antrieb des Proportionalhebels, c Einstellrädchen zum Übertragen der Bewegung der Zahnstange auf das Resultatwerk, d durch Tastendruck verschiebbare Einstellschiene, e Vierkantwelle, f Umschaltvorrichtung für Addition oder Subtraktion, g Drehkupplung, h Resultatwerk, i Rädchen zur zusätzlichen Addition von 1 beim Subtrahieren, k Zahnstange

Rechenschieber

Bei den **Staffelwalzenmaschinen** (Abb. 2) wird vom Motor in jeder Rechenstelle ein Zahnsegment mit neun Zähnen von gleichmäßig zunehmender Länge, die Staffelwalze, angetrieben. Das Einstellrädchen, das 10 Zähne hat, wird durch die Zifferntasten mittels einer Einstellschiene auf einer Vierkantwelle in den Bereich der Staffelwalze verschoben. Beim Drehen der Staffelwalze wird die Vierkantwelle entsprechend der eingetasteten Ziffer gedreht und überträgt diese Bewegung über ein Kegelradgetriebe auf das Resultatwerk. Bei Subtraktion wird das Doppelkegelrad verschoben, so daß die Welle des Resultatwerkes in umgekehrter Drehrichtung läuft.

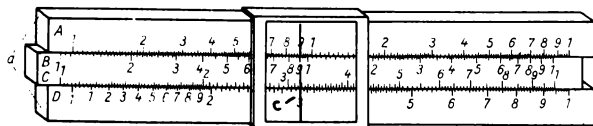
Bei den **Proportionalhebelmaschinen** (Abb. 3) werden von einem schwenkbaren Hebel, dem Proportionalhebel, zehn querverschiebbare Zahnstangen um einen ihrem Abstand vom Drehpunkt proportionalen Betrag von 0 bis 9 Zähnen verschoben. Bei Addition schwenkt der Proportionalhebel um einen Zapfen an der verriegelten Zahnstange. Ein 10zähniiges Einstellrädchen wird durch Tastendruck mittels Einstellschiene auf einer Vierkantwelle in den Bereich der Zahnstange geschoben. Je nachdem, in welche Zahnstange es geschoben wird, dreht es sich um 1 bis 9 Zähne und überträgt diese Bewegung über eine Drehkupplung auf das Resultatwerk. Vor dem Rückgang des Proportionalhebels wird die Kupplung zum Resultatwerk gelöst. Die Subtraktion erfolgt durch Ergänzen jeder Stelle des Subtrahenden zu 9, in der ersten Stelle rechts zu 10, und durch darauffolgende Addition von Minuend und Ergänzungszahl.

Beispiel: Aufgabe die Maschine rechnet

$$\begin{array}{r} 4378 \\ -237 \\ \hline 4141 \end{array} \quad \begin{array}{r} 4378 \\ +999762 \\ \hline 004141 \end{array}$$

Dieser Rechengang wird auf einfache Weise dadurch erreicht, daß bei Subtraktion der Proportionalhebel um einen Zapfen an der festgelegten Zahnstange geschwenkt wird. Dabei wird bei jedem Umlauf eine 1 in die erste Stelle rechts übertragen, wodurch die Ergänzungszahl zu 10 entsteht.

Zu den Vierspeziesrechenmaschinen gehören noch die Multiplikationskörpermaschinen und die Proportionalrädernmaschinen; beide Arten werden jedoch nur selten gebaut.



Rechenschieber. a Führungsgestell mit den beiden Skalen A und D, b verschiebbare Zunge mit den beiden Skalen B und C, c Läufer

Elektrisch angetriebene, als **Halbautomaten** bezeichnete R.n. führen nur die Division selbsttätig aus, während die Multiplikation durch entsprechend langes Drücken der Multiplikationstaste und motorische Schlittenverschiebung von Stelle zu Stelle durch Drücken der Schlittenlauf-tasten ausgeführt wird. Bei den als **Vollautomaten** bezeichneten Maschinen läuft auch die Multiplikation selbsttätig ab.

Ein Druckwerk ist meist nicht vorhanden, das Ergebnis muß vom Resultatwerk abgelesen und manuell übertragen werden. Vierspeziesrechenmaschinen sind meist mit einer Volltastatur, seltener mit einer Zehnertastatur ausgestattet.

Die Löschung der Werte erfolgt bei elektrisch angetriebenen Maschinen durch Lösch-tasten, die die elektromotorische Löschung auslösen. Bei Automaten kann durch entsprechende Vor-

einstellung die Löschung auch selbsttätig erfolgen.

2) **Elektronische Tischrechenmaschinen** führen die Grundrechenarten, das Potenzieren und Radizieren in einem elektronischen Rechenwerk aus und arbeiten dadurch gegenüber mechanischen R.n. geräuschlos und wesentlich schneller. Die Dateneingabe erfolgt über eine Zehnertastatur, das Ergebnis kann von dem sichtbaren Resultatwerk abgelesen oder durch das als Zusatzeinrichtung angeschlossene Druckwerk auf Papierstreifen gedruckt werden. Die Ausstattung mit zusätzlichen Speichern für mehrfach verknüpfte Rechenoperationen ist möglich. Die Funktionssteuerung erfolgt durch Tasten, eine direkte Programmsteuerung ist nicht möglich.

3) Über die **programmgesteuerte R.** → Rechenautomat.

Lit. Willers: Mathematische Maschinen und Instrumente (Berlin 1951); Wittke: Die R. und ihre Rechen-technik (Berlin 1948); Büroorganisation und Bürotechnik (Berlin 1967); Ztschr. Neue Technik im Büro (Berlin).

Rechenschieber, **Rechenstab**, ein Gerät zum schnellen mechanischen Multiplizieren, Dividieren, Potenzieren (Quadrieren) und Radizieren (Quadratwurzelziehen). Er besteht aus einem linealförmigen Holz- oder Stahlkörper, dem *Stab a*, einem zweiten Lineal, der *Zunge b*, das sich in der mittleren Nut von *a* verschieben läßt, und einer verschiebbaren, in Metall gerahmten Glasplatte, dem Läufer *c* mit eingetätztem Strich zum genauen Ablesen. Stab und Zunge tragen je eine obere Teilung oder Skale (beim Stab: *A*, bei der Zunge: *B*) und eine untere Skale (bei der Zunge: *C*, beim Stab: *D*). Dabei stimmen *A* mit *B* und *C* mit *D* überein. Die Skalen stellen logarithmische Zahlenreihen dar, d. h., die Längen der vom Anfangspunkt (1) an gerechneten Strecken sind den Logarithmen der angeschriebenen Zahlen (Numeri) verhältnismäßig, so daß das Aneinandersetzen zweier solcher kleiner Strecken einer Addition ihrer Logarithmen, d. h. einer Multiplikation der Numeri, entspricht und umgekehrt die Subtraktion einer Division. Die Gesamtlänge der Skalen bei den gewöhnlichen Rechenschiebern beträgt 25 cm. Die Skalen *C* und *D* sind von 1 bis 10 eingeteilt, die Skalen *A* und *B* jedoch von 1 bis 100 bzw. zweimal von 1 bis 10, so daß ihre Einheitsabschnitte nur die halbe Länge gegenüber den Skalen *C* und *D* haben. Daraus folgt, daß die Genauigkeit auf den Skalen *A* und *B* nur halb so groß wie auf den Skalen *C* und *D* ist. Diese Anordnung ermöglicht, über einer Zahl *a* auf der Skale *D* unmittelbar ihr Quadrat (a^2) auf der Skale *A* mit Hilfe des Läuferstrichs abzulesen. Umgekehrt ergibt sich von einer Zahl *b* auf der *A*-Skale mit Hilfe des Läuferstrichs unmittelbar die Quadratwurzel (\sqrt{b}) auf der *D*-Skale. Dabei muß allerdings die Einteilung der Quadratzahl in Zweiergruppen genau berücksichtigt werden. Weitere übliche Teilungen sind: Reziprokteilung (dient zur Vereinfachung bei zusammengesetzten Multiplikationen und Divisionen), verschiedene trigonometrische Teilungen (sin und tan und eine gemeinsame Teilung für kleine Winkel, meist alle auf der Zungenrückseite). Ein R. mit zusätzlicher gleichförmiger Teilung (zum Ablesen von Logarithmen) und dreifach aneinandergereihter logarithmischer Teilung (für Kuben und Kubikwurzeln) heißt **System Rietz**. Das **System Darmstadt** bringt zu den genannten Teilungen zusätzlich eine pythagoreische Teilung $\sqrt{1-x^2}$ und, auf drei Skalen verteilt, eine doppelt-logarithmische Teilung (zur Berechnung von beliebigen gebrochenen Potenzen und Wurzeln und von Exponentialfunktionen). Das **System Aristo Studio** schließlich besitzt außerdem die doppelt-logarithmische Teilung reziprok aufgetragen (so daß die Ablesung von $a-x$ erleichtert ist) und die beiden Grund-

teilungen sowie die Reziprokteilung noch einmal um $\pi \approx 3,14 \approx \sqrt{10}$ verschoben. Für spezielle Zwecke der industriellen Praxis wurden und werden ständig besondere Rechenschieber entwickelt, z. B. für die Berechnung von Biegemomenten, Transmissionen, Schnittgeschwindigkeiten, elektrodynamischen Werten, und Gewichten u. a. Die Läufer der modernen R. haben links und rechts vom Mittelstrich je einen roten Strich. Dadurch ist es möglich, mit einer einzigen Einstellung die Werte für Kreisflächen, Kreisdurchmesser, Gewichte von quadratischen und runden Stahlprofilen u. a. abzulesen.

Lit. Rohrberg: Theorie und Praxis des logarithmischen Rechenstabes (10. Aufl. Leipzig 1952); Fricke u. Lehmann: Der R. (7. Aufl. Leipzig 1961); Lehmann: Der Rechenstab und seine Verwendung (2. Aufl. Leipzig 1966); Panow: Der Rechenstab (dtsch. 2. Aufl. Leipzig 1965).

Rechentechnik, 1) im weiteren Sinne die Methodik für die praktische Durchführung von Rechnungen. Je nachdem, ob die Rechengrößen Zahlen oder analoge physikalische Größen sind (\rightarrow analog), spricht man von **Digital-Rechentechnik** (z. B. Rechnen mit Bleistift und Papier oder mit Tischrechenmaschinen) oder von **Analog-Rechentechnik** (z. B. Rechnen mit dem Rechenschieber). Besonders wichtig ist die **maschinelle R.**, deren Anliegen in der möglichst günstigen Benutzung von Rechenmaschinen (insbesondere von Rechenautomaten) für rechnerische Probleme besteht.

2) im engeren Sinne eine solche Informationsverarbeitung, bei der das Schwergewicht auf der Rechnung selbst liegt, im Gegensatz zur Datenverarbeitung, bei der die wichtigste Rolle die Daten spielen. Die R. ist meist gekennzeichnet durch komplizierte Rechenprogramme sowie relativ wenige Eingabedaten. Sie ist typisch für die Probleme der numerischen Mathematik und für wissenschaftlich-technische Berechnungen, z. B. für die Lösung von Gleichungssystemen, für die numerische Integration, die Nullstellenbestimmung, die Matrizeninversion, die Berechnung von Frequenzgängen, die Dimensionierung von Schaltungen, die Lösung baustatischer Probleme und die Synthese logischer Schaltungen. Die Anforderungen an einen für rechen-technische Aufgaben verwendeten \rightarrow Digitalrechenautomaten konzentrieren sich auf eine hohe Rechengeschwindigkeit und ein anpassungsfähiges Befehlssystem.

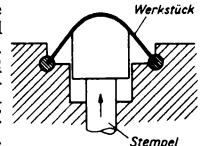
Rechnen, das Anwenden der vier **Grundrechenarten** (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) sowie der drei **höheren Rechenarten** (Potenzieren, Radizieren, Logarithmieren) im Bereich der natürlichen Zahlen und darüber hin-

aus auf beliebige Zahlen (allgemein auch auf andere Größen) unter Berücksichtigung der Grundgesetze der Arithmetik (Kommutativ-, Assoziativ- und Distributivgesetze). Zum Unterschied vom \rightarrow Buchstabenrechnen bezeichnet man das R. mit bestimmten Zahlen, das Ausrechnen von Formeln durch Einsetzen bestimmter Zahlenwerte auch als **numerisches R.**

Rechteck, ein Parallelogramm, dessen Winkel Rechte sind. Ein R. mit den Seiten a und b hat den Umfang $U = 2(a + b)$, den Flächeninhalt $A = a \cdot b$, die Diagonale $d = \sqrt{a^2 + b^2}$.

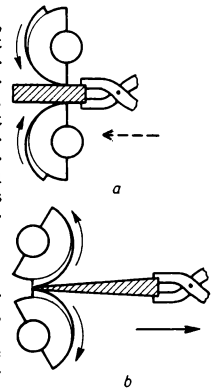
rechter Winkel, **Rechter**, Zeichen \perp oder R , ein Winkel, dessen Schenkel senkrecht aufeinander stehen. Seine Größe beträgt 90° bzw. 100° bzw. $\frac{\pi}{2}$ rad.

Reckbiegen, **Reckwölben**, **Streckziehen**, ein Blechziehverfahren der Kaltumformung, bei dem eine an den Rändern fest eingespannte Platine durch einen hydraulisch bewegten Stempel zu einem Formteil gereckt und gebogen wird. Durch das dem Biegen überlagerte Recken wird bei dünnen Blechen mit großem Biegeradius der plastische Zustand erreicht und die Rückfederung auf ein Minimum eingeschränkt. Oft, z. B. für die Herstellung von Hauben, genügt es, wenn die Platine nur an zwei gegenüberliegenden Seiten eingespannt ist. Beim Tangential-Streckziehen wird eine an einer Seite eingespannte Platine von der anderen Seite aus über einen feststehenden Stempel gezogen. Das R. wird besonders zur Herstellung gewölbter Teile angewendet, z. B. im Flugzeug-, Kraftfahrzeug- und Waggonbau (Türen und Dächer).



Reckbiegen

Reckwalzen, **Schmiedewalzen**, **Walzschmieden**, ein Warmumformverfahren (\rightarrow Umformen) mit unrunder Walzen. Es dient zur Erzeugung länglicher Teile mit stetig oder unstetig veränderlicher Querschnittsform in Durchlaufrichtung. Die größtmögliche Werkstücklänge entspricht ungefähr dem Walzenumfang, wenn keine schraubigen Kaliber benutzt werden. Das R. wird überwiegend angewendet zur Massenverteilung und Querschnittsvorbildung an Zwischenformen als Vorbereitung für das anschließende Gesenkschmieden.



Reckwalzen: a Einlegen, b Auswalzen

Redler, svw. \rightarrow Trogkettenförderer.

Redoxanalyse, svw. \rightarrow Oxydimetrie.

Redoxharze, Kunstharze, in deren Makromoleküle reversible organische Redoxsysteme, z. B. Hydrochinon – Chinon, eingebaut sind. Sie werden in zunehmendem Maße für selektive Oxydationen und Reduktionen, z. B. für die Entfernung von Sauerstoff aus Lösungen verwendet. Früher wurden die R. auch als **Elektronenaustauscher** bezeichnet.

Redoxreaktionen, **Reduktions-Oxydations-Reaktionen**, die durch Elektronenübergänge miteinander gekoppelten Vorgänge von Reduktion und Oxydation. Während man früher unter **Oxydation** die Aufnahme von Sauerstoff und unter **Reduktion** die Abgabe von Sauerstoff oder die Aufnahme von Wasserstoff verstand, bedeutet nach der heutigen umfassenderen Definition Oxydation die Abgabe von Elektronen und (damit verbunden) die Erhöhung der \rightarrow Oxydationszahl und Reduktion die Aufnahme von Elektronen und die Erniedrigung der Oxydationszahl. Ein chemisches System, das Elektronen aufnehmen kann, heißt **Oxydationsmittel** oder **Oxydans**, ein System, das Elektronen abgeben kann, **Reduktionsmittel** oder **Reduktor**.

Bei der Oxydation geht ein Oxydationsmittel unter Aufnahme von Elektronen in das korrespondierende Reduktionsmittel über, z. B. das Zer(IV) -ion in das Zer(III) -ion: $\text{Ce}^{4+} + e \rightarrow \text{Ce}^{3+}$; umgekehrt entsteht aus einem Reduktionsmittel bei der Reduktion unter Abgabe von Elektronen

Die 7 Rechenarten

Rechenart	Beispiele	Bezeichnungen
Addition (Zusammenzählen)	$5 + 3 = 8$	a, b Summand
	$a + b = c$	c Summe
Subtraktion (Abziehen, Umkehrung der Addition)	$5 - 3 = 2$	a Minuend
	$a - b = c$	b Subtrahend
		c Differenz
Multiplikation (Malnehmen)	$5 \cdot 3 = 15$	a Multiplikand (Faktor)
	$a \cdot b = c$	b Multiplikator (Faktor)
		c Produkt
Division (Teilen, Umkehrung der Multiplikation)	$15 : 3 = 5$	a Dividend
	$a : b = c$	b Divisor
		c Quotient
Potenzieren (Malnehmen mit sich selbst)	$5^3 = 125$	a Basis
	$a^n = b$	n Exponent
		b Potenzwert
Radizieren (Wurzelziehen, Umkehrung des Potenzierens)	$\sqrt[3]{125} = 5$	b Radikand
	$\sqrt[n]{b} = a$	n Wurzelexponent
		a Wurzelwert
Logarithmieren (Umkehrung des Potenzierens)	$^a\log 125 = 3$	b Numerus
	$^a\log b = n$	a Basis
		n Logarithmus

das korrespondierende Oxydationsmittel, z. B. aus dem Sulfidion Schwefel: $S^{2-} \rightarrow S + 2e$. Mit einander korrespondierende Oxydations- und Reduktionsmittel bilden ein **Redoxsystem** und unterscheiden sich nur durch die Zahl an Elektronen. Bezeichnet man die reduzierte Form mit Red und die damit korrespondierende oxydierte Form mit Ox, so läßt sich ein Redoxsystem wiedergeben durch die Gleichung $Red \rightleftharpoons Ox + ne$. Die von links nach rechts verlaufende Reaktion heißt Oxydation, die von rechts nach links verlaufende Reduktion.

Ein quantitatives Maß für das Oxydationsvermögen eines Redoxsystems ist das **Redoxpotential** E , das gegen die Normalwasserstoffelektrode gemessen wird. Man kann es nach der Nernstschen Gleichung ausdrücken. So gilt z. B. für das Redoxsystem Fe^{++} - und Fe^{+++} -Ionen in einer

$$\text{Lösung: } E = E_0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{(Fe^{+++})}{(Fe^{++})}, \text{ wobei}$$

E_0 = Normalpotential, bei 25 °C = 783 mV; R = Gaskonstante, T = Temperatur, n = Wertigkeit, F = Faradaysche Zahl.

Reduktion, 1) Chemie: der mit einer Oxydation gekoppelte Teilprozeß einer Redoxreaktion, → Redoxreaktionen.

2) Meteorologie: die Umrechnung von Beobachtungs- und Meßwerten zu Vergleichszwecken, z. B. der Barometerablesungen auf 0 °C, Meereshöhe und geographische Breite von 45 °.

Reduktor, → Redoxreaktionen.

Redundanz, 1) Informationstheorie: **Weitschweifigkeit**, das Maß für den zur Darstellung einer Information nicht notwendigen Codierungsaufwand. Der Betrag der R ist die Differenz zwischen dem maximalen Informationsgehalt $^1\log N$, der bei der Darstellung der Information mittels N Code-Elementen erzielt werden kann, und dem tatsächlich erreichten Informationsgehalt. Zum Beispiel besitzt das lateinische Alphabet mit 26 Buchstaben (Code-Elementen) einen maximal möglichen Informationsgehalt von $^1\log 26 = 4,7^{bit}/\text{Buchstaben}$. Deutscher Text hat dagegen nur einen Buchstaben-Informationsgehalt von $4,1^{bit}/\text{Buchstaben}$, so daß die Buchstaben-Redundanz in deutschem Text $0,6^{bit}/\text{Buchstaben}$ beträgt.

2) Zuverlässigkeitstheorie: derjenige Teil des Material- oder Betriebsaufwandes in einem System, der zur Erfüllung der ordnungsgemäßen Systemfunktion nicht erforderlich ist. Erhöht eine spezielle R , die → Zuverlässigkeit des Systems nicht, spricht man von **leerer R** , erhöht sie dagegen die Zuverlässigkeit des Systems, von **nützlicher R** .

Die R tritt entweder in Form von Systemteilen auf, die für die Systemfunktion überflüssig wären, aber beim Versagen anderer Systemteile deren Aufgabe mit übernehmen (**strukturelle R**), oder sie beruht auf dem Prinzip vollständiger oder teilweiser Wiederholung von Verarbeitungsobertragungsverfahren (**zeitliche R**).

Beispiele von R :en: Bereitstellung von Reservegeneratoren bei der Energieerzeugung; Parallelarbeiten von einigen gleichartigen Exemplaren wichtiger Schaltelemente in einem Rechenautomaten; Parallelarbeiten zweier vollständiger Rechenautomaten; Erhöhung der Kanalanzahl in einem Informationsübertragungssystem mit (gleichzeitiger) Parallelübertragung, um einen erweiterten Code mit Erkennung oder Korrektur von Fehlern verwenden zu können; mehrmalige Durchführung der Rechnung in Rechenautomaten; mehrmalige Übertragung ein und derselben Nachricht; Verwendung eines erweiterten Codes in einem Übertragungssystem mit (zeitlich aufeinanderfolgender) Serienübertragung.

Redux-Klebeverfahren, ein Metallklebeverfahren zum Verbinden von Metallen miteinander

oder aber von Metallen mit Holz oder temperaturbeständigen Kunststoffen (Duroplaste). Der verwendete Klebstoff **Redux** (Wz. Großbrit.) besteht aus dünnflüssigem Phenolformaldehydharz (duroplastische Komponente) und pulverförmigem Polyvinylformal (thermoplastische Komponente). Bei der Aushärtung bei Temperaturen über 100 °C erfolgt nicht nur eine innige Mischung der Komponenten, sondern auch eine chemische Reaktion zwischen diesen, was zu einer weitestgehend beständigen Molekülstruktur führt.

Beim Verbinden von Stahl mit Stahl nach dem R.-K. ergibt sich bei Raumtemperatur eine Zug-scherfestigkeit von 300 bis 350 kp/cm², beim Verbinden hochfester Aluminium-Legierungen 350 bis 400 kp/cm² und eine Abschälfestigkeit von 4 bis 6 kp/cm. Temperaturen zwischen -60 °C und +80 °C verursachen keine bedeutende Minderung dieser Werte.

Das R.-K., zunächst speziell für die Belange des Flugzeugbaues entwickelt, hat heute in vielen anderen Industriezweigen Eingang gefunden. In der DDR ist ein dem Redux-Klebstoff gleichwertiger Metallklebstoff unter dem Namen **Plastaphen** N in Anwendung.

Reede f , eine geschützte, zum Ankern dienende Wasserfläche. Man unterscheidet natürliche R.n., z. B. Buchten, und durch Molen künstlich gebildete R.n. Eine innerhalb eines Hafengebietes gelegene R. bezeichnet man als **Binnenreede**; sie dient zum Ankern der auf einen Kaiplatz wartenden Seeschiffe und wird auch zum Güterumschlag von Schiff zu Schiff genutzt. Befindet sich die R. im Flußmündungsgebiet oder in der freien Wasserfläche außerhalb des Hafengebietes, so spricht man von einer **Außenreede**. Auf ihr erfolgt im allg. kein Güterumschlag.

Refiner, svw. → Stoffmühle.

Reflektor, 1) Optik: 1) eine Vorrichtung zum Sammeln und Zurückwerfen von Licht- oder anderen Strahlen (z. B. Ultrakurzwellen) in einer bestimmten Richtung. Die übliche Form ist der Parabolreflektor, → Scheinwerfer. 2) svw. Spiegelfernrohr, → Fernrohr.

2) Funktechnik: sekundäres Element eines Richtstrahlers (→ Antenne), das in einem bestimmten Abstand hinter einem Primärstrahler (z. B. Dipol), also entgegengesetzt der Strahl- oder Empfangsrichtung angeordnet ist. Der R. ist strahlungsgekoppelt (parasitäres Element) und erhöht die Richtwirkung und den Gewinn. Man unterscheidet **nichtabgestimmte R.en** (z. B. Reflektorstände) und **abgestimmte R.en**, die in der Regel eine größere elektrische Länge haben als abgestimmte Dipole.

3) Kerntechnik: → Kernreaktor.

Reflexion, **Spiegelung**, das Zurückwerfen von Wellen an Grenzflächen zwischen zwei Medien verschiedener Dichte. Sie tritt auf bei elektromagnetischen Wellen (Licht- und Wärmestrahlen, Rundfunkwellen) und bei elastischen Wellen (Wasser-, Schall-, Erdbebenwellen u. a.).

1) Optik: Licht, das aus einem durchsichtigen Medium kommend auf ein anderes Medium trifft, wird an der Grenzfläche mehr oder weniger stark zurückgeworfen. Dadurch werden nicht selbstleuchtende Körper erst sichtbar. Das Verhältnis der reflektierten Lichtintensität (genauer: Strahlungsleistung) zur einfallenden bezeichnet man als **Reflexionsvermögen** (oder **Reflexionsgrad**). Für senkrechtes Auftreffen auf durchsichtige

Körper gilt: $e = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}$, wobei n = Brechungsindex; bei stark absorbierenden Stoffen, z. B. Silber, gilt eine kompliziertere Formel. Ist das Reflexionsvermögen unabhängig von der Wellenlänge des einfallenden Lichts, so erscheint ein Körper im weißen Licht weiß oder grau, andernfalls farbig (→ Farbe).

Für den reflektierten Lichtstrahl gilt das **Reflexionsgesetz**: 1) einfallender Strahl, reflektierter Strahl und Einfallslot liegen in einer Ebene (das Einfallslot ist die Senkrechte auf der reflektierenden Fläche, errichtet im Auftreffpunkt des Strahles). 2) Reflexionswinkel = Einfallswinkel (das sind die Winkel zwischen Einfallslot und Strahlrichtung). Ist die reflektierende Fläche glatt, dann nennt man sie \rightarrow Spiegel, ist sie außerdem auch eben, dann bleiben parallele Strahlen auch nach der R. parallel; man spricht dann von **regelmäßiger R.** An rauen Flächen wird das reflektierte Licht gestreut, und man nennt den Vorgang **diffuse R.**

Trifft ein Lichtstrahl aus einem optisch dichteren Medium kommend auf die Grenzfläche gegen ein optisch dünneres Medium (z. B. Übergang Gas \rightarrow Luft), so wird er nach dem Brechungsgesetz (\rightarrow Refraktion) unter einem Brechungswinkel β vom Lot weg gebrochen. Das gilt aber nur bis zu einem bestimmten Grenzwinkel γ des einfallenden Strahles gegen das Lot. Wird dieser Winkel überschritten, so wird der einfallende Strahl vollständig an der Grenzfläche reflektiert; es tritt **Totalreflexion** ein (Abb.). Ist n das Brechungsverhältnis, ist der Grenzwinkel durch $\sin \gamma = \frac{1}{n}$ bestimmt. Die Erscheinung der Totalreflexion wird in Refraktometern für die Bestimmung der Brechzahl durchsichtiger fester und flüssiger Stoffe benutzt.

Das bei der R. zurückgeworfene Licht ist mehr oder weniger stark polarisiert (\rightarrow Polarisation). Auf Metalle auffallendes, linear polarisiertes Licht ist nach der R. elliptisch polarisiert. Viele Kristalle zeigen im ultravioletten Spektralbereich an Stellen anomaler Dispersion ein besonders großes Reflexionsvermögen (\rightarrow Reststrahlung). Unerwünschte R. bei optischen Geräten kann durch \rightarrow Vergüten teilweise beseitigt werden.

2) Nachrichtentechnik: das Zurückwerfen von längs einer Leitung laufenden Strom- und Spannungswellen an einer **Stoßstelle**, d. h. an einer Stelle, wo die Welle plötzlich einen veränderten elektrischen Widerstand vorfindet. Dies bedeutet, daß ein Teil der Energie wieder zur Energiequelle zurückgeworfen wird. Die größte Leistungsabgabe wird deshalb bei **Anpassung** erzielt, also dann, wenn der elektrische Widerstand für die Welle (**Wellenwiderstand**) überall gleich ist. Die Leistungsabgabe ist Null sowohl beim Kurzschluß als auch bei einer Unterbrechung der Leitung, da in diesen Fällen die gesamte Energie reflektiert wird. Die Abweichung der Wellenwiderstände voneinander nennt man **Fehlanspassung**. Ein Maß dafür ist der **Reflexionsfaktor** $r = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$, wobei $Z_{1,2}$ Wellenwiderstände sind.

R. tritt z. B. auf bei nicht genauer Anpassung eines Verbrauchers an ein Kabel, z. B. in Fernsprechendstellen. Es entsteht ein \rightarrow Echo. Man nutzt die R. der Strom- und Spannungswellen technisch z. B. zur Feststellung von Kabelfehlern aus, indem man die Laufzeit mißt, die ein Hochfrequenzimpuls benötigt, um zur Störstelle und zurück zu gelangen. R. findet auch an Grenzschichten von Medien mit unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen statt, z. B. an Ionosphärenschichten, Objekten wie Flugzeuge, Wolken u. a. Diese Erscheinung wird in der Funkmeßtechnik zur Entfernungsmessung und zur Richtungsbestimmung ausgenutzt.

Reflexionsnebel, \rightarrow interstellare Materie.

Reflexklystron, eine \rightarrow Triffröhre.

Reflexkopie, \rightarrow Kopieren 1).

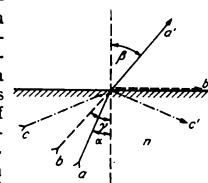
Reformieren, Reforming [aus dem Englischen], ein chemisch-technisches Verfahren zur Veränderung der Zusammensetzung und Struktur

der im Benzin enthaltenen Kohlenwasserstoffe mit dem Ziel, die Oktanzahlen zu verbessern. Man unterscheidet zwischen thermischem und katalytischem R. Die katalytischen Reformierungsprozesse werden neuerdings immer mehr zur Aromatengewinnung aus Erdölprodukten u. a. herangezogen. Außerdem fallen beim katalytischen R. große Mengen an billigem Wasserstoff an, die für die Mitteldruckraffination (\rightarrow Hydrierung) und andere Zwecke, z. B. für die Ammoniaksynthese, verwendet werden. Beim **thermischen R.** wird Schwerbenzin in Röhrenöfen unter Drücken von 30 bis 60 at kurzzeitig auf eine Temperatur von 540 bis 625 °C erhitzt. Hierbei werden vor allem Kohlenwasserstoffketten gespalten und in geringem Umfang Aromaten gebildet. Bei dem 1939/40 entwickelten **katalytischen R.**, das heute das thermische Verfahren weitgehend verdrängt hat, wird das Benzin über dem Kontakt (Katalysator) bei Temperaturen von 450 bis 540 °C in Gegenwart von Wasserstoff bei einem Druck von 10 bis 50 at umgeformt. Dabei werden Naphthene durch Dehydrierung und Alkane durch Dehydrozyklisierung unter Wasserstoffentwicklung in Aromaten verwandelt. Ferner entstehen aus Normalalkanen durch Isomerisierung Isoalkane, d. h. geradkettige Kohlenwasserstoffe gehen in verzweigte über, und aus Fünfring-Naphthenen durch Isomerisierung Sechsring-Naphthene. Als Kontakt wurde zuerst Molybdän(III)-oxid auf Aluminiumoxid verwendet, z. B. beim **Hydroforming-Verfahren** und **DHD-Verfahren** (Druck-Wasserstoff-Dehydrierung); heute setzt man meist Platin auf Aluminiumoxid (außer bei Anlagen mit bewegtem Katalysator, in denen auch jetzt noch mit dem billigeren Molybdän(III)-oxid gearbeitet wird) ein. Mit Platin arbeiten z. B. eine modernere Form des **DHD-Verfahrens** (in der DDR im VEB Kombinat „Otto Grote-wohl“ in Böhlen), das 1959 in dem VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ entwickelte **L-Forming** sowie die in den USA entwickelten Verfahren **Platforming** (erstmaliger technischer Einsatz von Platinkatalysatoren), **Catforming**, **Houdriforming**, **Ultraforming** und **Powerforming**. An die Reinheit des Einsatzproduktes werden hohe Anforderungen gestellt, die eine Vorbehandlung durch hydrierende Mitteldruckraffination, z. B. Unifining, erforderlich machen.

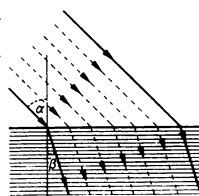
Lit. Asinger: Einführung in die Petrochemie (Berlin 1960); Blagowidow u. Sulimow: Moderne Verfahren zur Treibstoffgewinnung aus Erdöl (dtsh Leipzig 1961); Prinzler: Einführung in die Technologie des Erdöls (Leipzig 1961); Rammner u. v. Alberti: Technologie und Chemie der Braunkohlenverwertung (Leipzig 1962); Ruf: Kleine Technologie des Erdöls (2. Aufl. Basel u. Stuttgart 1963).

Refraktion, Brechung, eine Änderung der Fortpflanzungsrichtung bei allen Arten von Wellen, wenn diese von einem Medium 1 in ein Medium 2 übertreten und die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in beiden Mitteln verschieden sind. Auf der R. der Lichtwellen beruht die abbildende Eigenschaft der Linsen. Bei Lichtwellen gilt — mit Ausnahme des außerordentlichen Strahles bei \rightarrow Doppelbrechung — das **Snelliussche Brechungsgesetz**. Es sei α der Winkel zwischen einfallendem Strahl und Flächenlot und β der Winkel zwischen gebrochenem Strahl und Flächenlot, dann gilt die Beziehung

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = n, \text{ wobei } \alpha = \text{Einfallswinkel, } \beta = \text{Brechungswinkel, } c_1 \text{ und } c_2 = \text{Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den beiden Medien, } n = \text{Brechungsverhältnis. Findet der Übergang vom Vakuum oder luftgefüllten Raum in ein Medium statt, so ist } n \text{ die Brechzahl (Brechungskoeffizient, Brechungsindex) des betreffenden Stoffes. Wenn bei Übergang des Lichts aus einem Medium 1 in ein Medium 2 der}$$



Totalreflexion. a, b, c auf die Grenzfläche auftreffende Strahlen, a' an der Grenzfläche gebrochener Strahl, b' mit der Grenzfläche zusammenfallender Strahl, c' an der Grenzfläche totalreflektierter Strahl, α Einfallswinkel für a , β Brechungswinkel für a , γ Grenzwinkel der Totalreflexion



Refraktion von Licht beim Übergang in ein dichteres Medium (Wasseroberfläche)

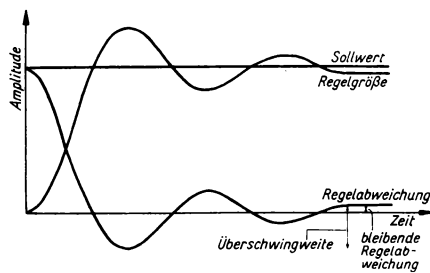
Lichtstrahl zum Lot hin gebrochen wird, also $\alpha > \beta$ ist, dann ist Medium 1 das optisch dünnere und Medium 2 das optisch dichtere. Im entgegengesetzten Fall wird der Strahl vom Lot weg gebrochen; dann muß der Einfallswinkel jedoch kleiner sein als der Grenzwinkel für Totalreflexion. Einfallender Strahl, Flächenlot und gebrochener Strahl liegen stets in einer Ebene, der *Einfallsebene*. Durchdringt ein Lichtstrahl mehrere Medien mit verschiedener Brechzahl, so ist der nach dem Snelliusschen Brechungsgesetz gewählte Weg gegenüber benachbarten Wegen zeitlich der kürzeste (*Fermatsches Prinzip*). Verändert sich die Brechzahl eines Mediums kontinuierlich, so ist der Verlauf des Lichtstrahls gekrümmt, z. B. bei Luftspiegelungen. Die Abhängigkeit der Brechzahl von der Wellenlänge des verwendeten Lichts bezeichnet man als \rightarrow Dispersion.

Refraktometer, 1) ein optisches Instrument zur Bestimmung des Brechungsindex eines Körpers unter Ausnutzung des Grenzwinkels der Totalreflexion.

2) ein Gerät zur Bestimmung der Brechkraft des Auges und zur objektiven Ermittlung einer möglicherweise vorhandenen Fehlsichtigkeit. Das Meßergebnis kann in diesem Falle als Grundlage der sich anschließenden subjektiven Bestimmung des richtigen Brillenglasses dienen.

Refraktor, \rightarrow Fernrohr.

Regelabweichung, bei einer \rightarrow Regelung die Abweichung des Istwertes der \rightarrow Regelgröße vom Istwert der \rightarrow Führungsgröße bzw. bei Festwertregelungen vom Sollwert der Regelgröße. Die R. ist die Ausgangsgröße des \rightarrow Vergleichsgliedes. Im Beharrungszustand der Regelgröße wird sie als *bleibende R.* bezeichnet. Sie charakterisiert den statischen Fehler einer Regelung, der durch zu geringe Empfindlichkeit, d. h. durch eine zu niedrige Gesamtverstärkung im Regelkreis entsteht. **Maximale R.** ist der größte Wert der R., der während eines Regelvorganges auftritt.



Darstellung des zeitlichen Verlaufs einer Regelabweichung

Die zur Beurteilung der Güte einer Regelung oft verwendete *Überschwingweite* ist das Maximum der Differenz zwischen R. und bleibender R., das auf den ersten Vorzeichenwechsel dieser Differenz folgt. Bei sprunghaftiger Änderung der Führungsgröße ist die Überschwingweite die Differenz zwischen Maximalwert und Beharrungswert der Regelgröße. Die Überschwingweite wird bezogen auf die Differenz zwischen Anfangs- und Beharrungswert der Regelgröße und ist in Prozent anzugeben. In den meisten Anwendungsfällen muß ein Kompromiß zwischen der Größe der Überschwingweite und der Dauer der Ausregelung geschlossen werden.

Lit. \rightarrow Regelung.

Regeldetri, \rightarrow Dreisatz.

Regel Einrichtung, bei einer \rightarrow Regelung die Gesamtheit der Bauglieder im \rightarrow Regelkreis, die zur Beeinflussung der \rightarrow Regelstrecke über das \rightarrow Stellglied entsprechend der Aufgabenstellung

dienen. Das dazu erforderliche Ausgangssignal der R. ist die \rightarrow Stellgröße. Zur R. sind die unmittelbar am Regelvorgang beteiligten Bauglieder zu zählen, z. B. Meßeinrichtung, \rightarrow Meßumformer, \rightarrow Vergleichsglied, Sollwertgeber, Programmgeber, \rightarrow Regler und \rightarrow Stellantrieb. Nicht zur R. gehören die nur mittelbar mit ihr zusammenwirkenden Bauglieder und Anlagenteile (z. B. Anzeige- und Registriergeräte für die regelungstechnischen Größen), die Bedienungselemente (z. B. Schalter), die Aufbauelemente (z. B. Pulte, Schränke und Gestelle) und die Hilfsaggregate (z. B. Aggregate zur Hilfsenergieversorgung, Spannungskonstanthalter).

Lit. \rightarrow Regelung.

Regelfläche, *geradlinige Fläche*, jede Fläche, die durch Bewegung einer Geraden im Raum entstehen kann, z. B. die Fläche von Zylinder, Kegel, einschaligem Hyperboloid.

Regelgitterröhre, \rightarrow Regelröhre.

Regelgröße, bei einer \rightarrow Regelung die von der Meßeinrichtung an der \rightarrow Regelstrecke erfaßte zu regelnde Größe. R.n können je nach Aufgabenstellung sein 1) *mechanische Größen*: Behälterinhalt, Drehzahl oder Leistung, Druck, Durchflußmenge, Feuchtigkeit, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Höhe, Kurs, mechanische Spannung, Zug; 2) *elektrische Größen*: Spannung, Stromstärke, Frequenz, Wirk- und Blindleistung, Größen der Nachrichtenübertragung, Phasenwinkel; 3) *thermische Größen*: Temperatur, Heizwerte; 4) *optische Größen*: Trübung, Belichtung, Photometrierung; 5) *Stoffkonstanten*: Masse, Dichte, Konzentration, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert.

Unter dem Istwert der R. versteht man ihren Augenblickswert, der im \rightarrow Vergleichsglied mit dem entsprechenden Augenblickswert der \rightarrow Führungsgröße verglichen wird. Die Abweichung des Istwertes der R. vom Istwert der Führungsgröße bzw. (bei Festwertregelungen) vom Sollwert der R. ist die \rightarrow Regelabweichung.

Bei Regelungsaufgaben an trägen Regelstrecken verwendet man zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens häufig neben der R. noch eine *Hilfsregelgröße*. Diese wird in der Regelstrecke an einem Punkt mit geringerer Verzögerung abgegriffen und im Falle der Kaskadenregelung auf eine Hilfsregel einrichtung gegeben, mit deren Hilfe Störungen am Eingang der Regelstrecke schneller ausgeglichen werden. Von einer stabilisierenden Hilfsregelgröße spricht man, wenn sie gemeinsam mit der Hauptregelgröße auf die Haupteinrichtung geschaltet wird. Eine weitere Schaltungsvariante ist die Aufschaltung störgrößenausgleichender Hilfsregelgrößen; sie wird bei elektrischen Maschinen als Kompoundierung bezeichnet.

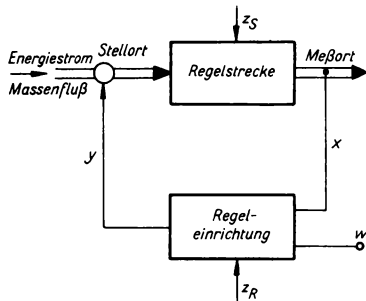
Lit. \rightarrow Regelung.

Regelkreis, ein geschlossener Wirkungskreis, in dem sich eine \rightarrow Regelung vollzieht. Der R. kann im allgemeinen in \rightarrow Regelstrecke und \rightarrow Regleinrichtung aufgeteilt werden. Am Meßort wird der Wert der \rightarrow Regelgröße erfaßt. Die Abweichung des Istwertes der Regelgröße von dem vorgegebenen Wert der Führungsgröße (\rightarrow Regelabweichung) auf Grund von \rightarrow Störgrößen, die an der Regelstrecke oder an der Regleinrichtung angreifen können, bewirkt über letztere eine der ursächlichen Änderung entgegengerichtete Verstellung des Energiestromes oder Massenflusses. Das Stellen wird am Stellort durch die \rightarrow Stellgröße vorgenommen.

Die Wirkungsrichtung innerhalb des R.es bezieht sich auf die Weitergabe der Information zur Ausführung des Regelungsvorganges und ist getrennt von der Richtung des Energiestromes oder Massenflusses zu betrachten. Es ist durchaus möglich, daß beide Wirkungsrichtungen ent-

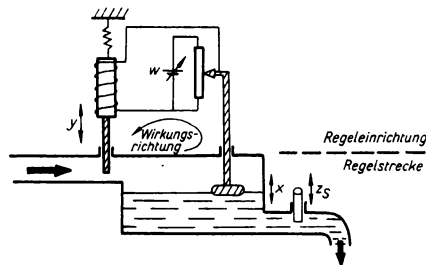
gegengesetzt sein können und trotzdem ein typischer R. vorliegt, der an das Vorhandensein gerichteter Regelkreisglieder gebunden ist.

Abb. 1 zeigt das Wirkungsschema einer Regelung. In Abb. 2 ist zur Veranschaulichung eine sehr einfache Flüssigkeitsstandsregelung in einem



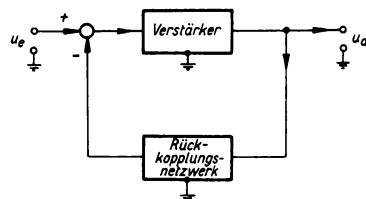
1 Wirkungsschema einer Regelung. x Regelgröße, y Stellgröße, w Führungsgröße, z_S Störgröße an der Regelstrecke, z_R Störgröße an der Regeleinrichtung

Behälter dargestellt. Der Flüssigkeitsstand wird als Regelgröße an der Regelstrecke (Behälter) mittels eines Schwimmers ermittelt. Über einen Potentiometerabgriff und den damit verbundenen Vergleich mit der Führungsgröße kann nach dem Elektromagnetprinzip über einen Schieber am Stellort unmittelbar in den Massenfluß eingegriffen werden, um Störungen (Änderungen der Ablaufmenge der Flüssigkeit) auszuregulieren. Wie in



2 Flüssigkeitsstandsregelung in einem Behälter. x Regelgröße, y Stellgröße, w Führungsgröße, z_S Störgröße an der Regelstrecke

Abb. 3 an einem spannungsgegekoppelten Verstärker gezeigt werden soll, ist es aus physikalischen Gründen nicht in jedem Fall möglich, die Regelstrecke gegen die Regeleinrichtung abzugrenzen. Die Ausgangsspannung des Verstärkers wird über ein Rückkopplungsnetzwerk geführt und der Eingangsspannung entgegengeschaltet. Damit liegt ein geschlossener Wirkungskreis vor, auf Grund dessen ein bestimmtes Übertragungsverhalten realisiert und Störgrößeneinflüsse (Betriebsspannungsschwankungen, Bauelementalterungen usw.) verringert werden können. Eine Unterscheidung in Regeleinrichtung



3 Spannungsgegekoppelter Verstärker als Regelkreis. u_e Eingangsspannung, u_a Ausgangsspannung

und Regelstrecke im herkömmlichen Sinn ist hier jedoch wenig sinnvoll.

Lit. Hartmann: R.e mit Zweipunktreglern (Berlin 1965); Peschel: R.e mit PID-Reglern (2. Aufl. Berlin 1966); Schwarze: R.e mit I- und P-Reglern (2. Aufl. Berlin 1966); → Regelung.

Regeln, → Regelung.

Regelröhre, 1) eine Elektronenröhre, die speziell zum Zweck der Regelung benutzt wird, z. B. in einem Regelkreis als Regelstrecke, zur automatischen Lautstärkeregelung und zur Regulierung der Schwunderscheinungen. Der Anodenstrom der R. nimmt mit wachsender Gittervorspannung (→ Elektronenröhre) nur langsam ab. Jedoch besitzt die R. auch bei hohen Vorspannungen bis etwa -30 V noch eine geringe Steuerfähigkeit, so daß eine Regelung der Verstärkung möglich ist. Diese Eigenschaften lassen sich durch konstruktive Maßnahmen, z. B. durch ein mit veränderlicher Steigung entwickeltes Steuergeritter (**Regelgitterröhre**) erreichen. Bei Regelgitterröhren wird im allgemeinen ein exponentieller Anstieg des Anodenstromes mit der Gittervorspannung angestrebt (**Exponentialröhre**), da sich dann unabhängig von der jeweils anliegenden Gitterwechselspannung die gleichen Verzerrungen ergeben.

2) **Spannungsregelröhre, → Stabilisator.**

Regelstrecke, bei einer → Regelung derjenige Teil des → Regelkreises, dem die entsprechende der Aufgabenstellung zu beeinflussenden Bauglieder oder der zu beeinflussende Teil einer Anlage angehören. Zur R. ist das → Stellglied zu zählen. Eingangsgröße der R. ist die → Stellgröße. Ferner werden an der R. → Störgrößen wirksam, deren Änderungen nicht vorherzusehen oder schwer zu erfassen sind und deren Einfluß durch die Regelung unterdrückt werden soll. Ausgangsgröße für die R. ist die → Regelgröße. Der mathematische Zusammenhang zwischen diesen Größen kennzeichnet das Übertragungsverhalten der R.n und ermöglicht es, eine entsprechende Einteilung vorzunehmen.

Von R.n mit **Ausgleich** spricht man, wenn die Regelgröße nach einer sprunghaften Änderung der Stellgröße einen neuen Beharrungswert annimmt. Im Gegensatz zu diesen proportional wirkenden R.n (**P-Strecken**) ändert sich die Regelgröße bei integrierend wirkenden R.n (**I-Strecken**) fortwährend, wenn am Eingang eine einmalige sprungförmige Änderung vorgenommen wird. Ein solches Verhalten kennzeichnet R.n **ohne Ausgleich**. Beide Wirkungen (P- und I-Verhalten) sind meist mit Zeitverzögerungen gekoppelt, die durch eine oder mehrere Zeitkonstanten hervorgerufen werden.

R.n erster Ordnung (mit einer wesentlichen Zeitkonstante) treten bei Systemen mit einem Energiespeicher auf und kommen daher häufig vor, z. B. beim Gleichstrommotor (Stellgröße: Ankerspannung; Regelgröße: Drehzahl bei R. mit Ausgleich oder Stellungswinkel der Abtriebswelle bei R. ohne Ausgleich) oder bei Behältern (Stellgröße: Stellweg des Abflußventils; Regelgröße: Flüssigkeitsstand).

R.n höherer Ordnung entstehen oft durch geräteechnische Zusammenschaltungen von Einzelsystemen erster Ordnung, z. B. bei der Spannungsregelung eines elektrischen Stromerzeugers über eine besondere Erregermaschine. Das Verhalten von Wärmesystemen (Kontinua) kann mit Hilfe vieler Einzelsysteme erster Ordnung angenähert werden. Es sind in sich gekoppelte Systeme höherer Ordnung, die sich geräte-technisch nicht in Systeme niederer Ordnung auf trennen lassen.

Eine Besonderheit bilden R.n, bei denen die Regelgröße auf eine positive Änderung der Stellgröße mit einem negativen Ausschlag reagiert. Typisch dafür ist das Verhalten des Wasserstan-

des in einem Dampfkessel. Durch Zufluß kühlen Wassers sinkt zunächst der Wasserspiegel, da die Dampfbildung im Wasser verringert wird.

Bei manchen R.n verstreicht eine gewisse Zeit, bis die Regelgröße auf eine Änderung der Stellgröße anspricht. Solche *Totzeiten* treten überall dort auf, wo der Meßwert entfernt vom Stellort liegt und Auswirkungen der Verstellung erst nach einem Massentransport erfaßt werden können, z. B. bei Transportbandeinrichtungen oder bei der Dickenregelung von Walzwerkserzeugnissen, wobei die Meßeinrichtung in einem bestimmten Abstand von der Walze angebracht werden muß.

Lit. → Regelung.

Regelung (Tafel 46), ein technischer Vorgang in einem abgegrenzten System, bei dem eine zu regelnde technische oder physikalische Größe, die → Regelgröße, fortlaufend erfaßt und durch Vergleich ihres Signals mit dem Signal einer vorgegebenen Größe, der → Führungsgröße, im Sinne einer Angleichung an deren Signal, d. h. einer Beseitigung der → Regelabweichung, beeinflußt wird (nach TGL 14591, Steuerungs- und Regelungstechnik, Begriffe und Benennungen). Der hierzu nötige Wirkungsablauf vollzieht sich im Unterschied zur → Steuerung in einem geschlossenen Wirkungskreis, dem → Regelkreis, der im allgemeinen in → Regelstrecke und → Regeleinrichtung eingeteilt wird. Zur Regeleinrichtung zählt neben anderen Baugliedern der → Regler, der im wesentlichen die Güte der R. bestimmt. „Fortlaufend“ im Sinne der angegebenen Definition ist jeder Vorgang, der sich aus einer für die jeweilige R. hinreichend häufigen Wiederholung gleichartiger Einzelvorgänge zusammensetzt, d. h. also auch bei Tastung der Regelgröße. Abb. → Regelkreis.

Man unterscheidet zwischen selbsttätiger und nichtselbsttätiger R. Eine **selbsttätige** oder **automatische R.** (meist kurz als R. bezeichnet) ist eine R., bei der alle Vorgänge im Regelkreis selbsttätig nur durch Geräte ausgeführt werden. Eine **nichtselbsttätige R. (Handregelung)** ist eine R., bei der die Aufgabe mindestens eines Regelkreisgliedes vom Menschen übernommen wird.

Die eigentliche Ursache für die Anwendung einer R. ist das Auftreten von → Störgrößen, deren Änderungen auch Änderungen der Regelgröße bewirken. Wären die Störgrößen mit Sicherheit zu vernachlässigen, oder könnte man sie sämtlich mathematisch oder meßtechnisch erfassen, so ließe sich das gewünschte Angleichen einer physikalischen Größe an eine vorgegebene Größe ausschließlich als Steuerungsproblem (→ Steuerung) lösen.

Die primäre Aufgabe beim Entwurf einer R. ist die Sicherstellung der Stabilität des Systems. Durch die ständige Überwachung der Regelgröße und den daraus resultierenden geschlossenen Wirkungsablauf ist prinzipiell die Voraussetzung für eine Selbsterregung gegeben. Eine solche Instabilität, die bei Schwingungserzeugern absichtlich durch Rückkopplungsschaltungen erzeugt wird, muß durch geeignete Dimensionierung der Regeleinrichtung vermieden werden. Darüber hinaus soll vielfach der zeitliche Verlauf der Regelgröße vorgegebenen Güteforderungen genügen. So muß für manche R.n die Regelgröße ohne Pendelungen (Überschwingungen) und in einer bestimmten Zeit dem vorgegebenen Wert exakt oder mit einem zulässigen Fehler angeglichen sein. In anderen Fällen ist ein Kompromiß zwischen der Amplitude des Einschwingvorganges und der dazu erforderlichen Zeit zu schließen.

Das Regelungsprinzip soll an folgendem Beispiel erläutert werden. Die Temperatur in einem gasbeheizten Glühofen soll trotz veränderlicher Beschickung, Druckschwankungen in der Gaszuleitung, Heizwertschwankungen u. a. auf einem

vorgegebenen Wert gehalten werden. Die Temperatur im Glühofen (Regelgröße) wird an einer bestimmten Stelle des Ofens (Meßort) erfaßt und ihr Signal mit dem Signal der zeitlich konstanten Führungsgröße (Sollwert) verglichen. Über ein Ventil wird an einer bestimmten Stelle der Gaszuleitung (Stellort) die Gaszufuhr in Abhängigkeit von der Abweichung zwischen dem Augenblickswert der Regelgröße (Istwert) und dem Sollwert automatisch so eingestellt, daß diese Abweichung verringert wird. Auf Grund dieser R. kann die Ofentemperatur weitgehend unabhängig von den genannten Störeinflüssen konstant gehalten werden.

Soll wie in diesem Beispiel die Regelgröße einer zeitlich konstanten Führungsgröße (Sollwert) angeglichen werden, spricht man von einer **Festwertregelung**. Bei **Folgeregelungen** ist diese Bedingung nicht erfüllt, die Führungsgröße ist zeitlich veränderlich und gibt für die Regelgröße einen bestimmten zeitlichen Ablauf vor (Temperaturregelung in technischen Öfen, Nachlaufregelungen bei der mechanischen Bearbeitung von Werkstücken nach einer vorgegebenen Zeichnung oder Schablone). Liegt nur eine Regelgröße vor, so handelt es sich um **Einfachregelungen**. Bei größeren industriellen Prozessen müssen häufig mehrere Regelgrößen auf vorgegebenen Sollwerten gehalten werden, wobei sich die zugehörigen Regelstrecken in unerwünschter Weise gegenseitig beeinflussen, d. h. verknüpft sind. Diese **Mehrfachregelungen** erfordern bei der Bemessung jedes einzelnen Regelkreises die Betrachtung des gesamten Systems und gegebenenfalls dessen Entkopplung. Die Mehrfachregelungen gehören wie die mehrschleifigen Einfachregelungen zu den vermaschten R.n. Bei einer mehrschleifigen Einfachregelung existiert zusätzlich eine Hilfsstellgröße oder Hilfsregelgröße und damit ein Hauptregelkreis und ein Hilfsregelkreis. Beide beeinflussen sich gegenseitig und können nicht unabhängig voneinander bemessen werden.

Nach dem Gesamtübertragungsverhalten des Regelkreises unterscheidet man **linearisierte** und **nichtlineare R.n** (→ Regler). Ein Regelkreis mit nichtlinearer Regeleinrichtung muß nicht zwangsläufig eine nichtlineare R. darstellen, denn es können auf diese Weise Nichtlinearitäten der Regelstrecke kompensiert werden.

Weitere Benennungen von R.n ergeben sich aus dem Auftreten bestimmter Signalfolgen auf Grund der gerätetechnischen Ausführungen von Regeleinrichtungen. So unterscheidet man hinsichtlich der Zeitquantisierung zwischen **kontinuierlichen** und **diskontinuierlichen R.n** und hinsichtlich der Amplitudenquantisierung zwischen **analogen** und **diskreten R.n**. **Tastregelungen**, bei denen z. B. die Regelabweichung nur zu bestimmten Zeitpunkten erfaßt (getastet) wird, sind diskontinuierliche R.n. Wird der getastete Wert in einem Analog-Digital-Umsetzer codiert, um einem in den Regelkreis einbezogenen Prozeßrechner zugeführt zu werden, so erhält diese diskontinuierliche diskrete R. die speziellen Eigenschaften einer **digitalen R.** Die Einführung des Begriffes „digital“ ist wichtig, da sich durch den Einsatz eines nach dem Fallbügelprinzip arbeitenden Zweipunktreglers ebenfalls eine diskontinuierliche diskrete R. ergibt. Die Verwendung von nichtgetasteten Relaisgliedern führt dagegen zu kontinuierlichen diskreten R.n. Die Unterteilung in **stetige** und **unstetige R.n** bietet nur wenig Unterscheidungsmerkmale.

Zur Kennzeichnung der verwendeten Hilfsenergie werden Bezeichnungen wie elektrische, pneumatische oder hydraulische R.n. angewendet. In vielen Fällen wird je nach Art der Regelgröße von Drehzahl-, Temperatur-, Druck-, Durchflußregelungen usw. gesprochen.

Lit. Bleisteiner u. v. Mangoldt: Handb. der Regelungstechnik (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961); Dittmann: Kennwertermittlung von Regelstrecken und Regelgeräten (Berlin 1964); Ferner: Anschauliche Regelungstechnik (2. Aufl. Berlin 1962); Fuchs: Digitale Regelungen (Berlin 1965); Gille, Pelegrin u. Decaulne: Lehrgang der Regelungstechnik, Bd I Theorie der Regelungen, Bd II Bauelemente der Regelkreise, Bd III Entwurf von Regelkreisen (dtsch Berlin 1963/64); Hengstenberg, Sturm, Winkler: Messen und Regeln in der chem. Technik (2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1964); Kindler, Buchta u. Wilfert: Aufgabens. zur Regelungstechnik (2. Aufl. Berlin 1967); Leonhard: Die selbsttätige R. (3. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962); Mejerow: Grundlagen der selbsttätigen R. elektrischer Maschinen (dtsch Berlin 1954); Oppelt: Kleines Handb. technischer Regelvorgänge (4. Aufl. Berlin 1967); Popow: Einführung in die Regelungs- und Steuerungstechnik (dtsch Berlin 1964); Dynamik automatischer Regelsysteme (dtsch Berlin 1958); Schöpflin: Projektierung von Regelungsanlagen (Berlin 1961); Solodownikow: Grundlagen der selbsttätigen R., Bd I (Berlin 1958), Bauelemente der Regelungstechnik, Bd II Meßeinrichtungen, Verstärker, Stelleinrichtungen u. Bd II Korrektur- und Rechenglieder (dtsch Berlin 1963); Trnka: Einführung in die Regelungstechnik (dtsch Berlin 1956); Truxal: Entwurf automatischer Systeme (dtsch Wien u. München 1960); Wiedmer: Technische Informationen messen - steuern - regeln (5. Aufl. Berlin 1967); Wittmers: Lehrb. der Regelungstechnik (Bd 1 Leipzig 1953), Einführung in die Regelungstechnik (2. Aufl. Leipzig 1962); Taschenb. Elektrotechnik, Bd 1 (Berlin 1963); TGL 14591 Steuerungs- und Regelungstechnik, Begriffe und Benennungen. Ztschr. „messen - steuern - regeln“ mit Beilage „Automatisierungspraxis“ (Berlin); Curth: Betriebsmeß- und Regelungstechnik, T12 Regelungstechnik (2. Aufl. Berlin 1965); Kindler u. Pohl: Kleines regeltechnisches Praktikum (Berlin 1967); Morossanow: Relais-Extremwertregelung (Berlin 1967); → Steuerung.

Regelungs- und Steuerungstechnik, häufig benutzter Begriff zur gemeinsamen Kennzeichnung technischer → Regelungen und → Steuerungen. Beide wissenschaftlich-technischen Disziplinen stehen im engen Zusammenhang und sind die Grundpfeiler für die umfassende Automatisierung in der Industrie.

Regen, ein atmosphärischer Niederschlag, → Hydrometeore. **Regenwasser** ist kein reines destilliertes Wasser, sondern enthält Beimengungen, von denen besonders Ammoniak, Salpeter- und salpetrige Säure zu nennen sind. Die dem Boden durch diese natürliche Düngung zugeführte Stickstoffmenge ist nicht unbedeutend. Andererseits greift das Regenwasser durch diese Beimengungen Bauwerke, Felsen u. a. chemisch an. **Regenfront** ist ein an eine → Front gebundenes Regengebiet, das an der Warmfront meist Landregen, an der Kaltfront meist Schauer bringt. Im **Regenschatten** liegen Gebiete, die von den regenbringenden Winden erst erreicht werden, wenn diese ihre Feuchtigkeit schon abgegeben haben, z. B. die der Hauptwindrichtung abgewendeten Seiten der Gebirge. **Regenmesser**, → Niederschlagsmesser. Über radioaktiven R. → radioaktiver Niederschlag, → Hydrometeore.

Regenanlage, eine → Feuerlöschanlage.

Regenbogen, eine atmosphärisch-optische Erscheinung, die entsteht, wenn die im Rücken des Beobachters stehende Sonne ein vor ihm befindliches Regengebiet bescheint. Es entsteht ein annähernd in den Spektralfarben leuchtender Bogen mit etwa 42° Öffnungswinkel (**Hauptregenbogen**), oft auch noch ein zweiter, größerer, lichtschwächerer mit 51° Öffnungswinkel (**Nebenregenbogen**); innen an den Haupt- und außen an den Nebenregenbogen schließen sich zuweilen noch **sekundäre Bogen** an. Beim Hauptregenbogen liegt Violett innen, Rot außen, beim Nebenregenbogen ist die Farbenfolge umgekehrt. Nach der zuerst von Descartes aufgestellten Theorie entsteht der R. durch Brechung und Totalreflexion der Sonnenstrahlen in den einzelnen Regentropfen; (Abb.); es liefern einen merklichen Lichtdruck im Auge aber nur die Tropfen, für die die totale Ablenkung eines Lichtstrahls bestimmter

Wellenlänge einen kleinsten Wert (Minimum) besitzt. Die Theorie von Descartes kann aber nicht die Breite des R.s, die wechselnde Breite der Farben und das verschiedenartige Aussehen des R.s erklären. Eine allgemeine Theorie des R.s ist nur auf Grund der Beugungserscheinungen möglich. Vom Mond verursachte R. (**Mondregenbogen**) sind selten, lichtschwach und stets weiß. **Regenerativfeuerung**, eine Feuerungsanlage von Glas- und Stahlschmelzöfen, bei der Brenngas und Verbrennungsluft mit Hilfe heißer Abgase in **Regeneratoren** (Wärmespeichern) vorgewärmt werden, so daß man die erforderliche hohe Flammtemperatur von 1800 °C und mehr erreicht; 1856 von F. Siemens erfunden. Die Regeneratoren sind mit feuerfesten Steinen gitterförmig ausgemauerte Kammern, beim **Siemens-Martin-Ofen** z. B. 2 Paare, von denen jeweils eine Kammer an die Luft- und eine an die Gasleitung angeschlossen ist. Zunächst werden die heißen Abgase durch das eine Kammerpaar geleitet und dessen Wänden auf hohe Temperatur gebracht. Dann läßt man Kaltluft und kaltes Brenngas getrennt durch die geheizten Kammern strömen, so daß sie sich erwärmen, während gleichzeitig das andere Kammerpaar durch die Abgase aufgeheizt wird (Abb. → Stahlerzeugung). **Regenerator**, ein → Wärmeaustauscher.

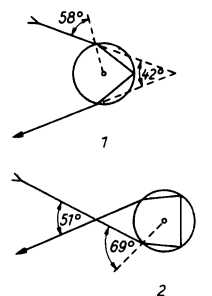
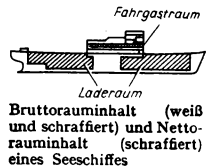
Regenmesser, svw. → Niederschlagsmesser.

Registertonne, Kurzz. RT, Volumeneinheit der Schiffsvermessung. 1 RT = 2,832 m³. In **Bruttoregistertonnen**, Kurzz. BRT, wird der Bruttoreinhalt angegeben, d. h. der Rauminhalt des gesamten Schiffes einschließlich aller geschlossenen Aufbauten und des Lukenüberschusses, aber ausschließlich des Ruderhauses, der Hilfsmaschinenräume, des Doppelbodens und der Räume, die Vermessungsöffnungen haben und deshalb bei der Vermessung nicht mitgerechnet werden (Schutzdecker). In **Nettoregistertonnen**, Kurzz. NRT, gibt man den Nettoinhalt an, d. h. den gewinnbringenden Raum der Lade- und der Fahrgasträume, nach dem die Abgaben des Schiffes berechnet werden. Brutto- und Nettoinhalt haben mit der Wasserverdrängung und der Tragfähigkeit keinen direkten Zusammenhang.

Registrierballon, → Ballon.

Registriergerät, ein schreibendes Meßgerät zum Messen und Aufzeichnen der Meßwerte in Abhängigkeit von anderen Größen, z. B. Zeit, Weg o. ä. Ein R. besteht im wesentlichen aus Meßwerk und Meßwertübertrager mit Schreiborgan und Laufwerk. Das Laufwerk bewirkt den Vorschub des Papiers, auf dem die Meßwerte aufgezeichnet werden. Der Antrieb erfolgt bei Zeitabhängigkeit der Meßgröße durch ein Uhrwerk, einen Synchronmotor oder ein Schrittschaltwerk, bei anderen Abhängigkeiten durch die Bezugsgröße selbst (Indikator bei Dampfmaschinen). Das Papier wird auf dem Mantel einer Trommel oder auf einer Kreisscheibe am Schreiborgan vorbeigedreht. Beim R. mit **ablaufendem Streifen** wird dieser von einer Vorrattrommel abgerollt, mit Stiftenrädern, die in die Perforation des Streifens eingreifen, transportiert und, nachdem er unter dem Schreiborgan durchgelaufen ist, wieder aufgerollt. Beim **Kreisblattschreiber** werden die Meßwerte in kreisförmigen Koordinaten aufgezeichnet.

Für die Ausführung des Meßwertübertragers und die Art der Aufzeichnung ist die zeitliche Veränderung (Frequenz) der Meßgröße entscheidend. Bei R.en für langsam verlaufende Vorgänge mit einer Meßfrequenz bis 10 Hz (Hertz) kann die Aufzeichnung mit einem Fallbügel erfolgen, der durch Druck auf ein Farbband in kurzen Zeitabständen eine punktierte Kurve aufzeichnet (**Punktschreiber**). Durch Verwendung mehrerer verschiedenfarbiger Farb-



Brechung und Reflexion des Lichts in den einzelnen Wassertropfen des Regenbogens: 1 bei Entstehung des Hauptregenbogens, 2 bei Entstehung des Nebenregenbogens

bänder, die abwechselnd unter den Fallbügel geschoben werden, lassen sich mehrere Meßstellen mit einem Gerät registrieren (**Mehrfachschreiber**). R.e, die zur kurzzeitigen Aufnahme schneller verlaufender Vorgänge (Meßfrequenz 100 bis 1000 Hz) bestimmt sind, werden als **Schnellschreiber** bezeichnet. Schnellschreiber arbeiten meist mit elektrischem Verstärker. Als Meßwertübertrager dienen vorwiegend mechanische Getriebe, z. B. Ellipsenlenker, Geradföhrungen u. ä., die den Anschlag des Meßwerkes als Ordinate senkrecht zur Zeitachse auf dem Diagrammpapier wiedergeben. Die Niederschrift erfolgt mit Tintenfeder, mit Metallstift (auf bewachstes Papier) oder mit einem an eine elektrische Spannung gelegten Stift, der eine Spur in metallisiertes Papier einbrennt. Andere Schnellschreiber verwenden als Schreiborgan einen Flüssigkeits- oder Lichtstrahl, der auf das ablaufende Diagrammpapier geworfen wird. Sehr schnell verlaufende Vorgänge (Meßfrequenz über 1000 Hz) werden mit Elektronenstrahloszilloskopen (\rightarrow Oszillograph) registriert.

R.e werden in Kraftwerken, Schaltzentralen sowie dort angewendet, wo automatisch verlaufende Vorgänge überwacht und bleibend registriert werden sollen. In Kraftfahrzeugen werden \rightarrow Fahrschreiber (Tachographen) eingebaut.

Registrierkasse, Kontrollkasse, ein Gerät zur Aufzeichnung (meist durch Druck auf einen fortlaufenden Kontrollstreifen), zum Zusammenzählen und Abziehen von Kasseneinnahmen und -ausgaben je Kunde oder Vorgang und insgesamt je Zeiteinheit oder Verkäufers. Gleichzeitig erfolgt die Anzeige des eingestellten und später des errechneten Betrages in einem beidseitig sichtbaren Zählwerk sowie der Druck eines Quittungszettels oder Bons. Der Betrag wird mittels Tastatur eingegeben, dann werden alle Arbeitsvorgänge durch Drehen einer Kurbel (Handantrieb) oder nach Bedienen einer Motortaste (selbsttätiger Antrieb durch Elektromotor) ausgeführt. Eine Speicherung der eingegebenen und errechneten Zahlen in Lochstreifen oder auf Magnetbänder für eine folgende elektronische Datenverarbeitung ist bei dem Anschluß entsprechender Geräte möglich.

Lit. Die Registrierkasse (Berlin 1961).

Regler, 1 dasjenige Bauglied einer \rightarrow Regelung, das im wesentlichen die Güte der \rightarrow Regelung bestimmt. Eingangsgröße des R.s ist das Signal der \rightarrow Regelabweichung, das vom \rightarrow Vergleichsglied vorgegeben wird. Ausgangsgröße ist der Stellbefehl für den \rightarrow Stellantrieb oder in besonderen Fällen direkt das Signal der \rightarrow Stellgröße.

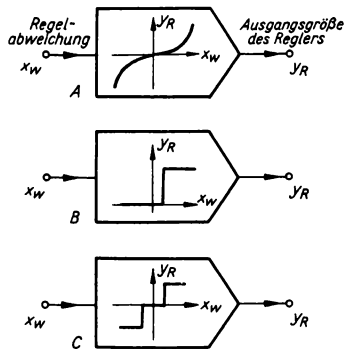
Die entscheidende Klassifizierung der R. erfolgt nach ihrem **Übertragungsverhalten**, d. h. hinsichtlich ihres stationären und dynamischen Verhaltens. Unter stationärem Verhalten versteht man dabei die Abhängigkeit des Ausgangssignals vom Eingangssignal im stationären Zustand. Je nachdem, ob zwischen beiden Signalen eine lineare Abhängigkeit besteht oder nicht, spricht man von **linearen** bzw. **nichtlinearen R.n**. Infolge der technischen Realisierung ist die Bezeichnung „linear“ nur in einem bestimmten Aussteuerbereich exakt oder näherungsweise zulässig (\rightarrow Regelung). Unter dem dynamischen Verhalten eines R.s versteht man die zeitliche Abhängigkeit des Ausgangssignals von einer Änderung des Eingangssignals. Das dynamische Verhalten linearer kontinuierlicher R., bei denen keine Zeitquantisierung auftritt, kann durch Differentialgleichungen, Übertragungsfunktionen (Verhältnis der Laplace-Transformierten von Ausgangs- und Eingangsgröße), Frequenzgänge oder Übergangsfunktionen (zeitlicher Verlauf der Ausgangsgröße bei sprunghafter Änderung der Eingangsgröße) beschrieben werden.

Hinsichtlich des dynamischen Verhaltens unterscheidet man **proportionalwirkende R.** oder **P-Regler** (die Ausgangsgröße ist proportional der Eingangsgröße), **integralwirkende R.** oder **I-Regler** (die Ausgangsgröße ist proportional dem Integral der Eingangsgröße) und **R. mit differenzierendem Verhalten** oder **D-Verhalten** (die Ausgangsgröße ist der Änderungsgeschwindigkeit der Eingangsgröße proportional). Die Kombination dieser drei Grundtypen führt zu den in der Praxis weitverbreiteten **PI-, PD- und PID-Reglern**.

Das gewünschte Zeitverhalten wird bei den meisten linearen R.n dadurch erzeugt, daß das Ausgangssignal des Reglerverstärkers mit verändertem Zeitverhalten auf seinen Eingang rückgeführt wird. Als Rückführungsglieder werden in elektrischen R.n meist passive Netzwerke verwendet. Auf Grund ihres Übertragungsverhaltens unterscheidet man starre, differenzierende, nachgebende, verzögernde sowie nachgebend-verzögernde Rückführungen.

Ein linearer R. kann auch dann vorliegen, wenn das Signal der Regelabweichung nur zu bestimmten Zeitpunkten abgetastet wird, z. B. wenn dadurch Vereinfachungen im gerätetechnischen Aufbau des R.s möglich werden oder wenn ein R. zeitgestaffelt für mehrere \rightarrow Regelstrecken zuständig ist. Vertreter solcher linearer diskontinuierlicher R., bei denen durch den Tastvorgang eine Zeitquantisierung auftritt, sind z. B. die ausschlagabhängigen Schritt- oder Tastregler.

Ist eine Linearisierung der statischen Kennlinie des R.s nicht möglich oder nicht zulässig, so liegt ein nichtlineares Übertragungsglied vor. Im **Blockschaltbild** des R.s erfolgt die Kennzeichnung des Typs durch die Darstellung der nichtlinearen Kennlinie. In Abb. 1 handelt es sich im Fall A um einen **progressiven R.**, in dem größere Regelabweichungen stärker bewertet werden als kleine. Zu den R.n mit einer sehr typischen nichtlinearen Kennlinie gehören der **Zweipunktregler** (Fall B) und der **Dreipunktregler** (Fall C); bei diesen beiden Typen kann die Ausgangsgröße des R.s nur zwei bzw. drei Werte annehmen. Solche Schaltcharakteristiken lassen sich mit Relaisgliedern der verschiedensten technischen Ausführungen realisieren. In den meisten Fällen wird unmittelbar die Meßeinrichtung bzw. das Anzeigeelement für das Signal der Regelabweichung mit mechanischen, photoelektrischen, induktiven, kapazitiven, radioaktiven oder HF-Kontaktabgriffen versehen (z. B. Bimetallschalter bei Reglerbügeleisen, Kontaktthermometer bei Temperaturregelungen). Im Sinne der Definition nach TGL 14591 (Steuerungs- und Regelungstechnik, Begriffe und Benennungen) kann bei



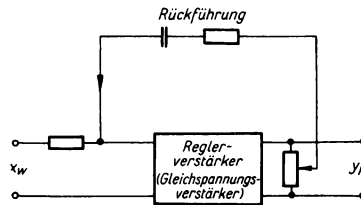
1 Blockschaltbilder typischer nichtlinearer Regler. A progressiver Regler, B Zweipunktregler, C Dreipunktregler; x_W Regelabweichung, y_R Ausgangsgröße des Reglers

Einrichtungen dieser Art, in denen das Stellglied direkt von der Meßeinrichtung betätigt wird, an sich nur von einer Regeleinrichtung und nicht von einem R. gesprochen werden. Zwei- und Dreipunktregler sind außerordentlich betriebssicher und deshalb weit verbreitet. Das durch die sprungförmige Änderung der Stellgröße hervorgerufene Pendeln der Regelgröße im geschlossenen Kreis kann durch besondere Korrekturmaßnahmen unterdrückt werden.

Außer nach dem Übertragungsverhalten kann man die R. nach der *Art der Hilfsenergie* einteilen, die dem aktiven Glied im R., dem **Reglerverstärker**, zugeführt werden muß. Mechanische Reglerverstärker sind im einfachsten Fall Schaltkupplungen. Desgleichen kann eine verstärkende Wirkung durch stellbare Getriebe erzielt werden, in denen das mechanische Übersetzungsverhältnis zwischen An- und Abtrieb als Funktion der Regelabweichung verändert wird. In pneumatischen Anordnungen werden Drosselverstärker in einer Düse-Prallplatte-Anordnung bevorzugt. Typische hydraulische Verstärker benutzen Doppelkolbenschieber, mit deren Hilfe ein Ölstrom wahlweise in zwei Ausgangskanäle geleitet werden kann. Mit Hilfe eines Stellkolbens oder eines Ölmotors wird eine lineare oder rotierende Ausgangsbewegung erzielt. An Stelle eines Schiebers kann auch ein frei durch die Luft strömender Druckmittelstrahl (Öl oder Luft) benutzt werden, dessen Stellwirkung durch zwischengeschobene Blenden beeinflussbar ist. Sehr vielfältig sind die Ausführungsformen elektrischer oder elektronischer Reglerverstärker. Jeder fremderregte Gleichstromgenerator weist eine beachtliche Leistungsverstärkung auf. Eine spezielle Ausführung eines solchen Maschinenverstärkers ist die Amplidyne. Die robusten Magnetverstärker beruhen auf dem Prinzip der Änderung des Scheinwiderstandes einer Wechselstromdrossel durch Gleichstromvormagnetisierung des Eisenkerns. Elektronische Reglerverstärker benutzen die steuerbare Elektrizitätsleitung im Vakuum (Elektronenröhre), in gasgefüllten Gefäßen (Thyatron) oder in Halbleitern (Transistor). Sehr häufig findet man auch in Reglerverstärkern die kombinierte Anwendung mehrerer Hilfsenergien (elektromechanische, elektropneumatische, elektrohydraulische Verstärker).

Das dynamische Verhalten wird oft durch **Rückführung** der Ausgangsgröße des Reglerverstärkers auf seinen Eingang festgelegt (Abb. 2, 3). Rückführungen sind meist passive Übertragungsglieder, da am Rückführungspunkt im allgemeinen genügend Energie zur Verfügung steht. Ihre technischen Ausführungen sind im

wesentlichen durch die Art des Reglerverstärkers vorgegeben. Mechanische Rückführungen können verschiedene Feder-Bremstopfanordnungen sein. Bei elektrischen Systemen findet man häufig Widerstand-Kondensator-Netzwerke, bei pneumatischen Rückführungen dienen Speichervolumina und Drosselstellen zur Einstellung des Zeitverhaltens.



3 Elektrischer Regler mit nachgebender Rückführung (PI-Regler). x_w Regelabweichung, y_R Ausgangsgröße des Reglers

Entsprechend der Regelgröße spricht man von Druck-, Niveau-, Durchfluß-, Temperatur-, Spannungsreglern usw. Mit dieser Bezeichnungsweise ist jedoch keine Aussage über den technischen Aufbau sowie das statische und dynamische Verhalten getroffen.

Einheitsregler sind meist Bestandteile standardisierter Regeleinrichtungen und arbeiten mit elektrischen oder pneumatischen Ein- und Ausgangsgrößen in genormten Wertebereichen. Dadurch ist zwar eine rationelle Fertigung dieser R. möglich, alle Regelgrößen müssen jedoch mit Hilfe von \rightarrow Meßumformern an den Einheitsregler angepaßt werden.

Lit. \rightarrow Regelung, \rightarrow Regelkreis.

2) swv. \rightarrow Reglerschalter.

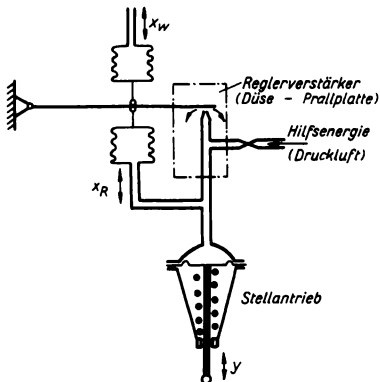
Reglerschalter, oft kurz als **Regler** bezeichnet, ein Schnellregler, der bei Kraftfahrzeugen ein einwandfreies Zusammenarbeiten von Lichtmaschine und Batterie gewährleistet. Der R., in dem ein Spannungsregler und ein Rückstromschalter zusammengefaßt sind, hält die von der Lichtmaschine bei allen Drehzahlen abgegebene Spannung nahezu konstant, und zwar mit Hilfe von Kontakten durch Zu- und Abschaltung eines in Reihe mit der Erregerwicklung liegenden Regelwiderstandes, und schaltet bei langsam laufendem oder stillstehendem Motor die Lichtmaschine von der Batterie ab. Hierdurch wird verhindert, daß sich die Batterie über die Lichtmaschine entladen kann, wenn die von der Lichtmaschine erzeugte Spannung niedriger ist als die Batteriespannung.

Regression, das Zurückweichen des Meeres. Gegensatz: \rightarrow Transgression.

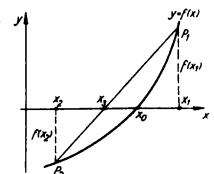
Regula falsi, ein Verfahren zur näherungsweise Berechnung der reellen Wurzeln einer Gleichung $x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_n = f(x) = 0$, d. h. der Nullstellen der Funktion $y = f(x)$. Nimmt die zwischen x_1 und x_2 stetige Funktion für $f(x_1)$ und $f(x_2)$ entgegengesetzte Vorzeichen an, so liegt zwischen x_1 und x_2 eine Nullstelle x_0 , also eine reelle Wurzel der Gleichung $f(x) = 0$. Ersetzt man die Kurve zwischen den beiden Punkten P_1 und P_2 durch die Sekante, die die x -Achse in x_3 schneidet, so ergibt sich

$$x_3 = x_2 - f(x_2) \frac{x_2 - x_1}{f(x_2) - f(x_1)}.$$

Dieser Wert ist gegenüber x_1 und x_2 ein verbesserter Näherungswert für die Nullstelle der Kurve. Wiederholt man das Verfahren (auch **Sekanten-näherungsverfahren** genannt) für weitere Sekanten (P_3P_1 , P_4P_1 , ...) und deren Schnittpunkte mit der x -Achse (x_4 , x_5 , ...), so nähert man sich schrittweise dem wahren Wert x_0 . Wendet man gleichzeitig das \rightarrow Newtonsche Näherungsverfahren an, so hat man die Möglichkeit, die Null-



2 Pneumatischer Regler mit starrer Rückführung (P-Regler). x_w Regelabweichung, x_R Rückführgröße, y Stellgröße



Regula falsi

stelle von beiden Seiten her immer weiter anzunähern. Die R.f., d. h. „Regel des falschen Wertes“ trägt diese Bezeichnung deshalb, weil man von einem falschen Lösungswert ausgeht und sich erst durch schrittweise Verbesserungen dem richtigen Wert nähert.

regulär, → Kristall.

Reiben, ein spannendes Feinbearbeitungsverfahren mit ein- oder mehrschneidigem, ständig im Eingriff stehendem rotierendem Werkzeug zur Herstellung toleranzhaltiger und glatter Bohrungsflächen. Als Werkzeug dient eine von Hand oder maschinell bewegte **Reibahle**, die meist mehrere Umfangsschneiden hat. Manche Arten weisen auch nur eine geradlinige oder schraubenförmige Umfangsschneide auf (z. B. Nietloch-reibahlen). Die Reibahlen schneiden nur mit ihrem kegelförmigen Anschnitt, der bei Handreibahlen wesentlich länger ist als bei Maschinenreibahlen. An ihn schließt sich bei der Handreibahle ein verjüngtes Führungsteil an; bei der Maschinenreibahle liegt noch ein zylindrisches Schneidenteil dazwischen, das die Bohrlochwand glättet. Normalerweise sind Reibahlen gerade genutet, es gibt jedoch auch drallgenutete. Die Schneiden können fest oder verstellbar sein und sind im allgemeinen am Umfang gleichmäßig verteilt. Daneben gibt es auch Ahlen mit ungleichmäßiger Zahnteilung, bei deren Anwendung keine Rattermarken entstehen. Da nur der Anschnitt des Werkzeugs beim R. schneidet, entwickelte man die Scheibenreibahle, die 30 bis 50 % kürzer ist als normale Reibahlen. Nach der Form unterscheidet man zylindrische und kegelförmige Reibahlen. Die Reibahle wird unter Drehen in das im Durchmesser um wenige hundertstel Millimeter kleinere Bohrloch gedrückt, d. h., die Bewegungen entsprechen denen beim Bohren. Handreibahlen werden mit einem Windeisen gedreht, Maschinenreibahlen in eine Bohr- oder Drehmaschine eingesetzt. Durch Reiben kann man falsch vorgebohrte Lochstellungen nicht korrigieren, da die Reibahle dem vorgebohrten Loch nachläuft.

Reibräder, Reibungsräder, Friktionsräder, Räder mit glatten Oberflächen, die gegeneinandergepreßt werden und nur durch Reibung die Kräfte von dem einen auf das andere Rad übertragen. Beispiel: Treibräder von Fahrzeugen, wobei Fahrbahn oder Schiene das Gegenrad darstellen. Gegensatz: → Zahnrad.

Reibradgetriebe, ein kraftschlüssiges Rädergetriebe, das mit Schlupf arbeitet. Es ist wichtig als stufenlos regelbares Getriebe.

Reibschluß, svw. → Kraftschluß.

Reibstoffe, Belagstoffe für Bremsen und Kupplungen. R. setzen sich zusammen aus a) Faserstoff (z. B. Asbest, Baumwolle, Torrfaser, Schlacken-, Glas-, Metallwolle); b) Füll- oder Massestoff (Gesteinsmehl, Metalloxide, Talkum, Graphit, Kieselgur, als Zusatz Kohlenstoff, Schwespat, Kalk); c) Binde- oder Tränkungsmittel (Kunstharze, Gummi, Buna, Bitumen). R. kommen in den Handel als gewebtes, mit Bindemittel getränktes, gepreßtes, gehärtetes Band oder als Fertigformpreßteil aus Massepulver und Bindemittel. R. müssen temperaturbeständig sein (bis über 400 °C) sowie zerreißfest (bis 60 kp/cm²) und verschleißfest (bis 0,3 cm³ Verschleiß/PSH Bremsarbeit) und einen konstanten Reibungskoeffizienten (→ Reibung) besitzen.

Reibung, der Widerstand, der der Verschiebung eines Körpers an einem anderen entlang entgegenwirkt, auch wenn keine andere Arbeit (zum Beispiel Beschleunigung) geleistet wird. Die Reibungskraft ist stets der vorhandenen oder angestrebten Bewegung entgegengerichtet. Hemmende (bremsende) R. wirkt von der Stützfläche hin zur gleitenden Fläche, mitnehmende (helfende) R. umgekehrt von der gleitenden Fläche

zur Stützfläche und sucht diese mitzunehmen. Ohne R. wären z. B. das Gehen auf ebenen und geneigten Flächen, das Radfahren sowie die Kraftübertragung durch Riemen unmöglich. Andererseits geht Arbeit durch die R. verloren, z. B. Heißlaufen von Maschinenlagern. Nach dem **Coulombschen Reibungsgesetz** ist die Reibungskraft $F = \mu \cdot N$ nur vom Reibungskoeffizienten μ und von der Normalkraft N abhängig, mit der die sich berührenden Flächen aufeinanderdrücken, aber (näherungsweise) nicht von der Größe dieser Flächen. Das Verhältnis $\mu = F/N$ heißt **Reibungskoeffizient** oder **Reibungszahl**. Erfahrungswerte für μ sind technischen Kalendern oder Taschenbüchern zu entnehmen. Solange noch keine Bewegung eintritt (**Haftreibung**), ist μ größer als nach Eintritt des Gleitens (**Gleitreibung**). Auch bei geschmierten Flächen wird formal so gerechnet. Dabei hängt μ nicht nur von der Oberflächenbeschaffenheit der Berührungsfächen, sondern auch von der Güte der Schmierung, der Ölzähigkeit, der Geschwindigkeit usw. ab. Bei **trockener R.** gleiten die Flächen ohne Schmierung aufeinander, bei **flüssiger** oder **schwimmender R.** sind die gleitenden Flächen völlig voneinander getrennt durch die Schmier-schicht. Hohe Gleitgeschwindigkeit, enges Spiel, gute Oberflächenbearbeitung verlangen dünne Öle (z. B. Spindeln), während bei geringer Gleitgeschwindigkeit, großem Spiel oder ungenauer Oberflächenbearbeitung dicke Öle erforderlich sind.

Setzt man die Normalkraft N und die Reibungskraft μN zur Resultierenden W zusammen (Abb. a), so bildet diese mit der Richtung von N den Reibungswinkel φ , und es ist $\tan \varphi = \mu N/N = \mu$. Um diesen Winkel muß eine Ebene geneigt sein, damit ein auf ihr liegender Körper die Haftreibung überwindet und zu gleiten anfängt (Gleitreibung).

Der Widerstand, der sich einer Walze u. dgl. bei ihrer Fortbewegung entgegenstellt, heißt **Rollreibung**, besser **Wälzwiderstand** (Abb. b). Da sich die Walze ein wenig eindrückt oder abplattet, verlagert sich die Normalkraft N um den kleinen Betrag f (cm) nach vorn. Damit über-haupt ein Rollen zustande kommt, muß am Umfang eine Reibungskraft $\mu \cdot Q$ (Gewicht) wirksam sein; für ihren Schnittpunkt mit der Normalkraft N gilt dann die Momentengleichung $F \cdot r = N \cdot f$, und bei waagerechter Rollbahn

mit $N = Q$ wird die Verschiebekraft $F = \frac{f}{r} \cdot Q$.

Im Gegensatz zur Reibungszahl μ , einer unbenannten Zahl, ist f als „Hebelarm des Wälzwiderstandes“ eine Länge, die in cm gemessen wird. Über innere R. → Viskosität.

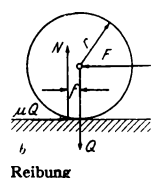
Lit. R., Schmierung und Verschleiß, 4 Hefte (Leipzig 1952).

Reibungselektrizität, Triboelektrizität, die Elektrizität, die durch Reiben zweier verschiedener Isolatoren aneinander, also bei ihrer innigen Berührung (→ Berührungsspannung) entsteht. Dabei tauschen die Atome auf den sich berührenden Oberflächen Elektronen aus, so daß sich eine Grenzschicht mit einer positiven und einer negativen Flächenladung in sehr geringem (molekularem) Abstand voneinander ausbildet. Nach der Trennung ist der eine Isolator positiv, der andere negativ geladen. Für die Berührungsspannung zwischen einem festen und einem flüssigen Körper gilt das Coehnsche Aufladungsgesetz, wonach sich die Substanz mit der höheren Dielektrizitätskonstanten positiv auflädt. Das Aufladen von Treibriemen, Staub u. a. mit R. muß in explosionsgefährdeten Anlagen vermieden werden.

Reibungsräder, svw. → Reibräder.

Reibungsraum, → Troposphäre.

Reichardt, → Epsomit.



Reif, eine Form der → Hydrometeore.

Reifen, → Luftbereifung.

Reihe, eine Summe aus endlich oder (meist) unendlich vielen Gliedern, die nach einem bestimmten Bildungsgesetz abgeleitet werden. Dabei ist zu beachten, daß es im allgemeinen sinnlos ist, von einer Summe aus unendlich vielen Gliedern zu sprechen. Eine solche R. mit unendlich vielen Gliedern ist vielmehr nur als Symbol zu betrachten, und zwar bezeichnet sie die unendliche Folge ihrer Teilsummen (Partialsommen) s_n . So steht die R. $a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n + \dots$

(wofür man abkürzend auch $\sum_{i=1}^{\infty} a_i$ schreibt; → Summe) stellvertretend für die Folge $s_1 = a_1$, $s_2 = a_1 + a_2$, $s_3 = a_1 + a_2 + a_3$, ..., $s_n = a_1 + a_2 + \dots + a_n$, ... ihrer Teilsummen.

Strebt eine R. mit unendlich vielen Gliedern, d. h. die unendliche Folge ihrer Teilsummen, gegen einen endlichen Grenzwert, so nennt man die R. **konvergent**, andernfalls **divergent**. Die (unendliche) geometrische R. $1 + q + q^2 + \dots + q^n + \dots$ konvergiert, wenn $|q| < 1$ ist. Ihr Grenzwert ist $\frac{1}{1-q}$. So hat z. B. die R. $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots$ ($q = \frac{1}{2}$) den Grenzwert $\frac{1}{1 - \frac{1}{2}} = 2$. Man sagt dann auch, der Wert bzw. die Summe der unendlichen R. ist 2. Die **harmonische R.**, die R. der echten Brüche, $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n} + \dots$ ist dagegen divergent; denn die Folge $s_1 = 1$, $s_2 = 1 + \frac{1}{2}$, $s_3 = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$, ..., $s_n = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n}$, ... ihrer Teilsummen strebt keinem endlichen Grenzwert zu; s_n wird bei wachsender Gliederzahl n beliebig groß. Mit Hilfe von Konvergenzkriterien oder -bedingungen läßt sich entscheiden, ob eine R. konvergiert oder divergiert.

Eine R., bei der zwei aufeinanderfolgende Glieder stets die gleiche Differenz d besitzen, heißt **arithmetische R.** Sie hat die Gestalt $a + (a + d) + (a + 2d) + \dots$. Ist n die Gliederzahl, a das erste und $b = a + (n - 1)d$ das n -te Glied einer arithmetischen R., so gilt $s_n = \frac{n}{2} \cdot (a + b) = an + \frac{n(n-1)}{2} \cdot d$. Zum Beispiel ist (für $d = 2$) $1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 = \frac{7}{2} (1 + 13) = 49$.

Bei einer **geometrischen R.** haben zwei aufeinanderfolgende Glieder stets denselben Quotienten q ; ihre allgemeine Form ist demnach $a + aq + aq^2 + \dots$. Für die Summe s_n der ersten n Glieder ergibt sich die Formel $s_n = a \cdot \frac{q^n - 1}{q - 1}$. Zum Beispiel (bei $q = 2$) ist $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 = 1 \cdot \frac{2^8 - 1}{2 - 1} = 2^8 - 1 = 255$.

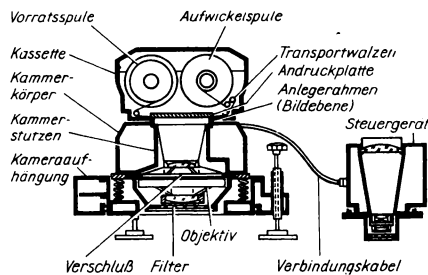
Konvergente unendliche R.n sind ein wichtiges Hilfsmittel, um Funktionen darzustellen und zu berechnen (**Reihenentwicklung** einer Funktion). Von Bedeutung für die praktischen Anwendungen sind dabei die → Potenzreihen und für periodische Funktionen die Fourierreihen (→ harmonische Analyse). Die Werte der Logarithmusfunktion und der Winkelfunktionen z. B. berechnet man mit Hilfe für konvergierender Reihenentwicklungen für diese Funktionen. Zur numerischen Auswertung müssen unendliche

Reihen immer abgebrochen werden, d. h., man berechnet nur endliche Teilsummen als Näherungswerte der unendlichen Reihen.

Zur Entwicklung der Theorie der unendlichen R.n, auch **Reihenlehre** genannt, haben unter anderen Euler und Cauchy wesentlich beigetragen.

Lit. Knopp: Theorie und Anwendung der unendlichen R.n (4. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1947).

Reihenmeßkammer (Tafel 53), **Meßreihenbildner**, ein Aufnahmegerät mit speziellen Einrichtungen zur photographischen Aufnahme von → Luftbildern in der Aerophotogrammetrie. Eine R. besteht im wesentlichen aus dem Unterstell zur möglichst schwingungsfreien Aufstellung im Flugkörper (Kammeraufhängung), dem Kammerkörper mit Objektiv, Verschuß und dem die Bildebene definierenden Anlegerahmen (→ Meßkammer), der Kassette und dem Steuergerät, von dem aus mechanisch oder elektrisch die Bedienungsanweisungen des Kameraoperators auf die Kammer übertragen werden (Angabe der Belichtungszeit, Regelung der Abdrift, Überdeckung der Bilder usw.).



Reihenmeßkammer im Schnitt

Das Bildformat beträgt heute meist 18 cm · 18 cm oder 23 cm · 23 cm. Die Belichtungszeiten können zwischen $\frac{1}{50}$ und $\frac{1}{500}$ s gewählt werden. Als Verschlüsse dienen häufig Drehscheibenverschlüsse, die sich durch hohe Funktionssicherheit und einen großen Lichtwirkungsgrad auszeichnen. Am meisten werden heute Normalwinkelobjektive oder Weitwinkelobjektive mit Öffnungswinkeln von etwa 70° oder 100° (Gon) verwendet.

Lit. → Photogrammetrie.

Reihenmotor, → Verbrennungsmotor.

Reihenschlußmaschine, eine → elektrische Maschine.

Reihentransformator, ein → Transformator, der in der Energieversorgung eingesetzt wird. Er liefert eine Zusatzspannung zur Netzspannung, die mit ihr in Phase liegt, so daß die Phasenlage der resultierenden Spannung konstant bleibt und ihr Betrag geändert wird. Gegensatz: → Querttransformator.

Reinelement, → chemische Elemente.

Reingas, nach TGL 190-379 ein Gas, das von festen, flüssigen und gasförmigen Begleitstoffen entsprechend den bestehenden Gütevorschriften befreit ist.

Reinstoffe, Stoffe mit einer äußerst geringen Anzahl von Unvollkommenheiten. Unter Unvollkommenheiten versteht man dabei sowohl chemische Verunreinigungen als auch physikalische Kristallbaufehler, z. B. Leerstellen und Versetzungen. Bedeutung haben gegenwärtig vor allem hochreine Halbmetalle und Metalle für die Halbleitertechnik, z. B. Silizium, Germanium, Indium, Antimon, Gallium, Aluminium. Spezielle Reinheitsgrade sind für die Duktilität (Verformbarkeit) hochschmelzender Metalle, z. B. Wolfram, Molybdän, Rhenium, und für Konstruktionsmaterialien im Reaktorbau (Entfernung von Verunreinigungen mit großem Ab-

sorptionsvermögen für Neutronen) erforderlich. Die moderne Metallforschung benötigt hochgereinigte und weitgehend baufehlerfreie Metalle, um deren Eigenschaften ohne Beeinflussung durch chemische und physikalische Unvollkommenheiten zu untersuchen.

Die Herstellung von R.n, insbesondere von Reinstmetallen und reinsten Halbmetallen, geschieht 1) über Raffinationsverfahren (Aufwachsverfahren, schmelzmetallurgische Verfahren, wie Elektronenstrahlschmelze oder Zonenschmelzverfahren, Metalldestillation und -sublimation, elektrolytische Verfahren), wobei diese Methoden vor allem dann effektiv sind, wenn von weitgehend vorgereinigtem Material ausgegangen wird; 2) durch Reduktion oder thermische Zersetzung hochgereinigter Ausgangsverbindungen. Als Reinigungsmethoden für die Ausgangsverbindungen haben sich bewährt: fraktionierte Kristallisation, Sublimation und Destillation, Ionenaustausch- und Extraktionsverfahren, Elektrolyse. Wasserstoff wird aus Reinheitsgründen allen anderen Reduktionsmitteln vorgezogen.

Reißen, → Zerteilen.

Reißfasern, Fasern, die durch Zerreißen und Zerfasern von gereinigten und sortierten Fabrikationsabfällen und Alttextilien (Lumpen) gewonnen werden. Dies erfolgt mittels Reißmaschinen und besonderer Öffner. Die R. werden meist in der Streichgarnspinnerei versponnen, vielfach in Mischungen mit anderen Fasern. Nach der überwiegenden Faserart unterscheidet man Reißwolle, Reißbaumwolle, Reißviskosefasern, Reißpolyamidfasern usw.

Lit. Riediger u. Büchner: Reißwolle, ein fast unerschöpflicher Rohstoff (Leipzig 1952).

Reißkilometer, Kurz. Rkm, Einheit für die Gütebestimmung von Garnen, der Quotient aus Garnnummer (Kurz. Nm) mal Masse (in Gramm) und der Länge 1000 m (1 km) oder aus Masse (in Gramm) und Titer text (Kurz. tex). $1 \text{ Rkm} = \frac{\text{Nm} \cdot 1 \text{ g}}{\text{km}} = \frac{\text{g}}{\text{tex}}$.

Reißlänge, ein Güte- und Vergleichsmaß in der Textil- und Papierindustrie. Die R. ist die theoretische Länge eines freihängenden gleichmäßigen Fadens, Papierbandes u. dgl. (Querschnitt unberücksichtigt), bei der diese durch ihre Eigenmasse zerreißen. Sie wird in der Textilindustrie in → Reißkilometern angegeben, in der Papierindustrie in Meter Reißlänge.

Reißwolle, → Reißfasern.

Reiterbahn, → Sattelbahn.

Reitstock, ein starrer Gußkörper, der auf der Bettenführung einer Drehmaschine verschiebbar und feststellbar angeordnet ist. In einer Rundführung ist eine feststellbare Pinole angebracht, die mit einer inneren Kegelbohrung versehen ist und zur Aufnahme von Körperspitzen und Bohrwerkzeugen dient. Die Vorschubbewegung der Pinole kann mechanisch, hydraulisch, pneumatisch oder elektromechanisch erfolgen.

Reizstromgerät, ein medizinisch-elektronisches Gerät, das durch direkte Anwendung spezieller elektrischer Reizströme der Erregung (Reizung) von Nerven und Muskeln für diagnostische und therapeutische Zwecke dient. Es werden vorwiegend Gleichstromimpulse mit veränderbarer Kurvenform verwendet. Die Impulsfrequenzen liegen zwischen einigen Impulsen je Minute und einigen Tausend je Sekunde, die Impulsdauer beträgt zwischen etwa 30 μs (Mikrosekunden) und einigen Sekunden.

Re bestehen im wesentlichen aus elektronischen Impulsgeneratoren und Meßeinrichtungen zur Dosierung der angewandten Stromstärke oder Spannung. Die Reizströme werden über Elektroden dem Körper zugeführt. Für diagnostische Zwecke dienen Reizströme der Unter-

suchung des Schädigungsgrades erkrankter Nerv-Muskel-Systeme. Reizstromuniversalgeräte (Geräte mit breitem Variationsbereich der Impulskenngrößen) erlauben die Durchführung sowohl diagnostischer als auch therapeutischer Methoden. In der Therapie dienen diese Geräte vorwiegend der Behandlung von Lähmungen, ferner von rheumatischen Erkrankungen, Durchblutungsstörungen, Neuralgien u. a. Für eine Reihe bestimmter Erkrankungen gibt es verschiedene Reizstromtherapiegeräte, deren technischer Umfang speziell auf die entsprechende Behandlungsmethode zugeschnitten ist. Mit einer Gruppe von Geräten werden z. B. elektrische Impulsströme unterschiedlicher Intensität durch das Zentralnervensystem geleitet und gewünschte Wirkungen erzielt, z. B. **Elektroschlafgeräte** und **Elektronarkose- oder Elektroanästhesiegeräte**. **Elektrokrampe- oder Elektroschockgeräte** werden bei der Elektrokramptherapie eingesetzt, einem vorwiegend bei Geisteskrankheiten angewendeten Heilverfahren. Die → **elektronischen Herzreizgeräte** dienen der Unterstützung der Herztätigkeit. **Elektroanalgesiegeräte** dienen insbesondere der Herabsetzung der Schmerzempfindung.

Ein R. ist auch die → Elektrolunge.

Rekombination, die Wiedervereinigung von Ladungsträgern entgegengesetzten Vorzeichens (→ Halbleiter) oder von dissoziierten Molekülen. Die R. tritt vor allem bei Stromleitung in Gasen auf. Sie wirkt der von außen (etwa durch Bestrahlung mit α -, β - oder Röntgenstrahlen) erzeugten Ionisierung entgegen. Bei R. wird Energie frei, die z. B. in der Atmosphäre Erwärmung (→ Ozonschicht) oder Leuchterscheinungen verursacht.

Rekonstruktion, → sozialistische Rekonstruktion.

Rekristallisation, die Umkristallisation plastisch deformierter kristalliner Bestandteile und Massen bzw. die Änderung des Kristallgefüges. Die R. metallischer Werkstoffe erfolgt durch Glühen bei oder oberhalb der **Rekristallisationstemperatur** zur Beseitigung des Spannungszustandes besonders nach Kaltverformung. Bei Erreichen der Rekristallisationstemperatur verschwinden die verformten Kristallite, und es bilden sich neue, ungestörte. Die Höhe der Rekristallisationstemperatur hängt vor allem vom Schmelzpunkt und von der Zusammensetzung des Werkstoffs sowie von der vorangegangenen Kaltverformung ab. Je größer z. B. die Verformung, desto niedriger ist die Rekristallisationstemperatur. Ausgangspunkt der R. sind die Rekristallisationszentren (Rekristallisationskeime). Die Rekristallisationsgeschwindigkeit steigt mit zunehmender Temperatur von einer bestimmten absoluten Temperatur an (**Tammannsche Regel**). Diese Regel gilt nur annähernd. Die Veränderung der Korngröße mit zunehmender Glüh- und Glühdauer sowie steigendem Verformungsgrad wird im Rekristallisationsschaubild dargestellt. Bei gleichem Material und gleichem Verformungsgrad ergibt immer die höhere Glüh- und Glühdauer das gröbere Korn. Grobes Korn neigt zur Brüchigkeit und ist schlecht bearbeitbar, deshalb strebt man in der Technik meist Feinkorn an. — R. tritt auch bei Mineralen auf, z. B. Eis, Kalkspat, Steinsalz.

Rektaszension, → astronomisches Koordinatensystem.

Rektifikation, 1) Verfahrenstechnik: svw. Gegenstromdestillation, → Destillation.

2) Mathematik: die Bestimmung der Bogenlänge eines Kurvenstücks bzw. das Auffinden einer Strecke mit gleicher Länge wie eine vorgegebene Kurve. Die R. ist meist nur durch Integration möglich.

Ist $y = f(x)$ die differenzierbare Funktionsgleichung einer ebenen Kurve, deren Bogen-

länge l zwischen den Punkten mit den Abszissen a und b berechnet werden soll, so ist

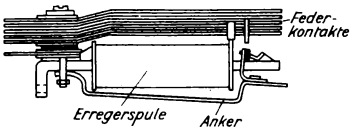
$$l = \int_a^b \sqrt{1 + [f'(x)]^2} dx.$$

Rekultivierung, die Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit von Gelände, das infolge von Übernutzung, nicht standortgemäßer Bewirtschaftung oder Gewinnung von Bodenschätzen zu Ödland geworden ist. Die R. erfolgt durch meliorationstechnische, land- oder forstwirtschaftliche und landschaftsgestalterische Maßnahmen. Einen Schwerpunkt bildet die R. der *Restlöcher*, die nach Gewinnung von Braunkohle oder Erzen zurückbleiben, der *Kippen*, d. s. wieder zugefüllte Tagebauflächen, und der *Halden*, d. s. auf bewirtschaftetes Gelände geschüttete Abraummassen. Soweit möglich sollen alle Kippen und flachen Halden mit einer Kulturbodenschicht überzogen werden. Deshalb soll der Kulturboden im ersten Baggerschnitt laufend getrennt abgeräumt werden.

Rekuperativfeuerung, eine Feuerungsanlage, die wie die Regenerativfeuerung zur Erwärmung der Verbrennungsluft in Industrieöfen dient. Bei der R. liegen die Kanäle für die Abgase und für die Frischluft getrennt nebeneinander. Der Wärmeaustausch erfolgt durch die Wandung; so ist ein ununterbrochener Betrieb möglich.

Rekuperator, ein → Wärmeaustauscher.

Relais, eine Einrichtung, die es ermöglicht, eine elektrische Leistung mittels einer meist viel kleineren Leistung zu beeinflussen. Im weiteren Sinne umfaßt der Begriff R. sämtliche leistungsbeflussenden elektrischen Bauelemente und Schaltungen, wie Hochvakuum-Elektronenröhren, Kontaktrohren, Transduktoren, sämtliche Verstärker, steuerbare Stromrichter, Transistoren, Schalter u. a. Im engeren Sinne versteht man unter R. ein Kontaktrelais, d. i. ein elektrisch fernbetätigter Schaltkontakt. Man unterscheidet nach der Wirkungsweise elektromagnetische R., elektrodynamische R., Bimetallrelais und elektrostatistische R., nach dem Anwendungsgebiet Fernmelderelais und R. für Stromversorgungsanlagen, nach dem Einfluß der Stromrichtung ungepolte (neutrale) und gepolte (polarisierte) R., nach der Zeitfolge zwischen Relais-erregung und Kontaktgabe unverzögerte und verzögerte R. und nach der Aufgabe Schutz-, Anzeige-, Leistungs-, Frequenz- und Telegrafrelais. Das **elektromagnetische R.** ist das weitverbreitetste R. Bei ihm wird der Steuerstrom der Wicklung eines Elektromagneten zugeführt, der einen durch eine Feder gehaltenen Anker anzieht. Dadurch werden ein oder mehrere Kontakte betätigt, die andere Stromkreise öffnen oder schließen. Je nach Ausführungsform des Ankers bezeichnet man sie als Klappanker-, Drehanker- oder Tauchankerrelais. Meist sind



1 Elektromagnetisches Relais

die elektromagnetischen R. neutrale R. Ist der Eisenkern durch einen Dauermagneten vormagnetisiert worden, spricht man von gepolten R. Sie werden dort verwendet, wo schwache Steuerströme relativ große Kräfte erzeugen müssen und wo die Richtung des Steuerstromes Bedeutung hat. Das **elektrodynamische R.** ist ein gepoltes R. Durch die Kraftwirkung zweier gegeneinander drehbar angeordneter stromdurchflossener Spulen werden die Kontakte betätigt.

Dazu gehört auch das **Induktionsrelais**. Es besteht aus einer leicht drehbaren Scheibe aus Aluminium, Kupfer oder Messing und einem oder mehreren Elektromagneten, die vom Steuerstrom erregt werden. Durch die Drehung der Scheibe werden die Kontakte betätigt. Das **Bimetallrelais** (Thermorelais) dient als Zeitschalter. Bei ihm wird die Bewegung eines Bimetallstreifens, der durch den Steuerstrom aufgeheizt wird, über ein Hebelsystem auf die Schaltkontakte übertragen. Das **Frequenzrelais** ist mit Zungen verschiedener Eigenfrequenzen ausgerüstet und spricht nur auf Wechselströme bestimmter Frequenzen an.

Das Anwendungsgebiet für R. ist groß. Ihre speziellen Konstruktionen sind dem Verwendungszweck angepaßt. Unter den Fernmelderelais sind die Telegrafrelais die wichtigsten. Besondere eisenbahnsicherungstechnische R. sind z. B. Stützrelais, Kipprelais, Haftrelais, Zweiphasenmotorrelais. In Stromversorgungsanlagen verwendet man R. besonders zum Schutz der Anlage vor Überströmen und Überspannungen. Die wichtigsten sind: Differentialrelais, Distanzrelais, Erdschlußrelais, Überstromrelais, kombiniert mit einem einstellbaren Laufwerk als Überstromzeitrelais, Rückstromrelais, Leistungsrichtungsrelais. R. können sowohl zur Ruhestromschaltung als auch zur Arbeitsstromschaltung verwendet werden.

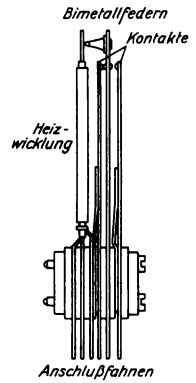
Lit. Dahms: Bauelemente der Fernmeldetechnik, Teil R. (2. Aufl. Brandenburg 1966); Litwak: Fotoelektrische R. in automatischen Meß- und Regelungssystemen (dtsc Berlin 1965).

Relaisatellit, svw. → Nachrichtensatellit.

Relaisstation, im weiteren Sinne eine Funkstation, deren Empfänger ein bestimmtes Signal empfängt und deren Sender das gleiche Signal verstärkt wieder abstrahlt (Fernsehfrequenzumsetzer). Derartige R.en mit Sendern größerer Leistung gibt es im Kurzwellen- und Ultrakurzwellenbereich. Im engeren Sinne versteht man unter einer R. die Kombination eines Richtfunkempfängers mit einem Richtfunktender im Frequenzbereich von 2 GHz aufwärts. Viele solche R.en bilden ein Richtfunknetz. Neuerdings werden in steigendem Maße Satelliten als R.en eingesetzt (→ Nachrichtensatellit). Den hohen Kosten als Nachteil steht die große Reichweite als Vorteil gegenüber. Übertragungen über den Atlantischen oder Stillen Ozean sind heute bereits üblich.

Relativitätstheorie, neben der Quantentheorie die bedeutendste physikalische Theorie seit Anfang des 20. Jh. Man unterscheidet zwischen spezieller und allgemeiner R. Sowohl die spezielle R. (1905) als auch die allgemeine R. (1915) wurden von A. Einstein geschaffen. An ihrer Fortentwicklung sind zahlreiche Physiker und Mathematiker beteiligt.

1) Die **spezielle R.** ist eine völlig abgeschlossene Theorie, die eine Grundlage der gesamten modernen Physik geworden und durch die experimentelle Erfahrung völlig gesichert ist, so daß andererseits jede neue physikalische Theorie, z. B. die Quantentheorie, daraufhin geprüft werden muß, ob sie der speziellen R. genügt. Sie liefert eine zusammenhängende Aufklärung für eine Reihe von Erscheinungen, die sich bei Untersuchungen sehr schneller Bewegungen ergeben hatten, vor allem der einander scheinbar widersprechenden Tatsachen bei der Ausbreitung elektromagnetischer und optischer Erscheinungen, besonders des Lichts, in bewegten Medien. Den Ausgangspunkt bildete das schon in der Newtonschen Mechanik gültige (*klassische*) **Relativitätsprinzip**, nach welchem es unmöglich ist, durch mechanische Experimente eine gleichförmige und geradlinige Bewegung des Körpers, auf dem man sich selber befindet, z. B. eines



2 Bimetallrelais

Eisenbahnwagens, festzustellen, ohne andere äußere Körper zu Hilfe zu nehmen. In einem ganz gleichmäßig dahinfahrenden Eisenbahnwagen laufen sämtliche mechanischen Vorgänge genauso ab wie in einem ruhenden. Nur unsere relative Bewegung gegenüber anderen Körpern können wir beobachten. Der Begriff der absoluten Ruhe oder Bewegung ist danach als sinnlos zu bezeichnen: alle gleichförmig gegeneinander bewegten Bezugssysteme sind hinsichtlich der Darstellung physikalischer Gesetze einander äquivalent. Dies gilt jedoch nur für unbeschleunigte geradlinige Bewegung. Jede Abweichung von solcher Bewegung, also Beschleunigung, d. h. auch Drehung, muß absolut, d. h. ohne äußeren Bezugskörper, nachweisbar sein. So können wir die Drehbewegung der Erde nicht nur als relative Bewegung zum Fixsternhimmel beobachten, sondern auch ohne Astronomie aus mechanischen Wirkungen erkennen: im Foucaultschen Pendelversuch, in der Mechanik der Windvorgänge u. a. Kurz drückt man das Ergebnis so aus, daß Geschwindigkeit nur relativ, Beschleunigung (einschließlich Drehung) dagegen absolut feststellbar ist.

Für die Elektrodynamik und den Magnetismus einschließlich der durch die Maxwell'sche Theorie eingegliederten Optik bestand scheinbar dieses Relativitätsprinzip zunächst nicht zu Recht. Die Grundgleichungen Maxwells sind nämlich so beschaffen, daß nach ihnen auf elektromagnetisch-optischem Wege auch Geschwindigkeit absolut feststellbar sein sollte. Als Bezugssystem dachte man sich den ganzen (scheinbar leeren) Weltraum erfüllenden Weltäther, der zugleich der Träger der elektrischen und magnetischen Felder sein sollte. Aber die Ergebnisse aller Versuche, durch optische (oder allgemeiner elektromagnetische) Experimente eine solche absolute Bewegung der Erde gegen den Äther (einen Ätherwind), insbesondere die Vorwärtsbewegung der Erde in ihrer Bahn (Bahngeschwindigkeit 30 km/s), zu beweisen, haben das Gegenteil gezeigt, vor allem auch der → Michelsonversuch und seine vielfachen Wiederholungen. So mußte die Physik sich zur Anerkennung des klassischen Relativitätsprinzips auch für das elektromagnetische Gebiet entschließen. Es kann also auch eine Bewegung relativ zum Äther nicht beobachtet werden; es zeigt sich dagegen das zunächst paradoxe Ergebnis, daß das von einem Stern zu uns kommende Licht stets die gleiche Geschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/s besitzt, einerlei, ob wir uns dem Licht entgegen oder von ihm weg bewegen (*Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit*); nur die Wellenlänge des Lichts ändert sich dadurch gemäß dem → Dopplereffekt. Man versuchte zunächst, den Widerspruch zur Maxwell'schen Theorie durch zusätzliche Hypothesen zu beseitigen. Diesen Weg gingen vor allem der Holländer Lorentz und der Engländer FitzGerald, die annahmen, daß die Bewegung gegen den Äther alle in die Bewegungsrichtung fallenden Längen in einem bestimmten, von dem Verhältnis der Geschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit abhängigen Bruchteil verkürze (*Lorentzsche Kontraktionshypothese*), eine Hypothese, deren Richtigkeit man niemals direkt beweisen kann. Jedoch läßt sich nach Einsteins Erkenntnis die empirische Tatsache der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (im leeren Raum) nur über eine tiefgehende Kritik der vorher als selbstverständlich geltenden Grundbegriffe und Rechenmethoden der allgemeinen Kinematik (Bewegungslehre) und durch eine damit verbundene Änderung der bis dahin üblichen Vorstellungen von Raum und Zeit erklären. Die Grundvorstellung, auf die verzichtet werden muß, ist die, daß es für alle Ereignisse in der Welt ein und dieselbe (absolute) Zeit gibt.

Die R. relativiert daher den Begriff der Gleichzeitigkeit: Wenn zwei Ereignisse, die sich in (großer) räumlicher Entfernung voneinander abspielen (etwa auf der Erde und auf dem Sirius), darauf geprüft werden sollen, ob sie gleichzeitig geschehen, so hat der Beobachter dazu einen Austausch von Lichtsignalen mit den Orten der Ereignisse auszuführen. Das bedingt aber, daß das Urteil „gleichzeitig“ oder „nichtgleichzeitig“ innerhalb gewisser Grenzen davon abhängig ist, wie der Beobachter sich relativ zur Erde oder zum Sirius bewegt: Gleichzeitigkeit ist ein relativer, d. h. vom Bezugssystem abhängiger, Begriff. Von hier aus, unter folgerichtigem Festhalten des Prinzips der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, gelingt es, die experimentellen Erfahrungen einheitlich zu verstehen. Jedoch muß man sich abfinden mit so überraschenden Feststellungen wie der, daß auch Längen- und Zeitmaße relativ, d. h. vom Bewegungszustand des Beobachters abhängig sind. Raum und Zeit bilden nach der mathematischen Betrachtung von Minkowski eine Einheit, die Raum-Zeit, → Minkowski-Raum. Die Umrechnung der Meßergebnisse eines bestimmten Beobachters in die entsprechenden anderen Meßergebnisse eines relativ zu ihm geradlinig gleichförmig bewegten Beobachters, d. h. also von einem Koordinaten- und Uhrensistem (x, y, z, t), z. B. dem der Erde, auf ein anderes ist ganz allgemein nach bestimmten, z. T. schon von Lorentz abgeleiteten Formeln auszuführen, → Lorentz-Transformation, in denen die Bewegung beider Systeme gegeneinander eine entscheidende Rolle spielt. Aus ihnen folgt z. B. für die Mechanik, daß zwei sich mit Geschwindigkeiten u und v entgegengerichtete Körper (z. B. Weltraumschiffe) relativ zueinander nicht die Geschwindigkeit $w = u + v$ haben,

sondern $w = (u + v) \left(1 + \frac{uv}{c^2} \right)$. Bei langsamer

Bewegung, d. h. wenn u und v sehr klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit c sind, gilt dann die alte, unserer gewohnten Raum-Zeit-Vorstellung entsprechende Formel in hinreichender Näherung. Andererseits ergibt sich aus dieser Formel, daß uns entgegenkommendes Licht mit $v = c$ immer die Relativgeschwindigkeit $w = c$ behält, unabhängig von unserer Geschwindigkeit u .

Darüber hinaus bedarf die Mechanik in ihrer klassischen, auf Newton zurückgehenden Fassung weiterer Veränderungen, um mit der R. in Einklang zu kommen. Nach dem klassischen Relativitätsprinzip erfolgt der Übergang zwischen zwei zueinander gleichförmig bewegten Systemen nach einer anderen als der Lorentz-Transformation, nämlich der → Galilei-Transformation. Es zeigte sich aber, daß bei niederen Geschwindigkeiten beide Transformationen ineinander übergehen und daß andererseits bei hohen Geschwindigkeiten, die an die Lichtgeschwindigkeit herankommen, die Mechanik gerade in der Weise abgeändert werden muß, daß sie nun auch der Lorentz-Transformation genügt. Daraus ergeben sich eine Reihe von Folgerungen, die sich experimentell bestätigt haben und z. T. auch schon vor der R. bekannt waren. Insbesondere wird die Masse m eines bewegten Körpers abhängig von seiner Geschwindigkeit v , gemäß der Formel $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$; hierbei ist m_0 die → Ruhmasse. Weiteres → Lorentz-Transformation. Das wichtigste Ergebnis dieser relativistischen Mechanik ist aber, daß einer Masse m stets eine Energie $E = mc^2$ entspricht und umgekehrt: Äquivalenz von Energie und Masse, → Äquivalenzprinzip, → Energie. Diese Erkenntnis ist von grundlegender Bedeutung für die Physik der Atomkerne und hat den Weg zur Gewinnung von Atomenergie gewiesen.

Zu den grundsätzlichen Postulaten der speziellen R. gehört die Feststellung, daß es nur *Nahwirkung* gebe, d. h., daß jeder physikalische Vorgang nur durch Vermittlung einer sich höchstens mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitenden Wirkung — d. h. also Vermittlung eines Feldes — auf andere, räumlich entfernte Vorgänge einwirken könne, → Überlichtgeschwindigkeit. Damit hat die R. dem leitenden Gedanken der Maxwell'schen Theorie der Elektrizität eine tiefere Begründung und Rechtfertigung gegeben. Diese Theorie steht (für Vorgänge im Vakuum) auch schon in ihrer ursprünglichen Gestalt im Einklang mit der R., so daß keine grundlegenden Änderungen ihrer Gesetze nötig waren, im Gegensatz zu den Gesetzen der klassischen Mechanik.

2) Die **allgemeine R.** stellt eine allgemeine Theorie der Raum-Zeit-Struktur und der Gravitation dar. In der speziellen R. wird angenommen, daß die geometrische Struktur der Raum-Zeit unabhängig von der Materie ist; das ist unbefriedigend. In der allgemeinen R. hingegen wird die Struktur der Raum-Zeit durch die sich in der Raum-Zeit bewegende Materie bestimmt. Quantitativ wird dieser Zusammenhang durch die *Einstein'schen Feldgleichungen* vermittelt. Einstein fand sie, indem er sich wesentlich auf die Gleichheit von schwerer und träger Masse und die auf ihr beruhende (lokale) Äquivalenz eines Schwerfeldes und eines Beschleunigungsfeldes stützte. Nach Einstein sind schwere und träge Masse identisch, die Gravitation wird zu einer Trägheitskraft. Bei Vorhandensein von Materie wird die Raum-Zeit nichteuklidisch, der Raum wird gekrümmt (mit von Ort zu Ort wechselnder Krümmung), die Formulierung der Theorie muß allgemein kovariant erfolgen, d. h. die Feldgleichungen müssen in jedem (beliebig beschleunigt bewegten) Bezugssystem die gleiche Form haben. Die allgemeine R. enthält als einen Grenzfall die Newton'sche Gravitationstheorie. Für fehlende Materie ergibt sich für die Raum-Zeit-Struktur die Minkowskische Raum-Zeit-Struktur der speziellen R. Die Weiterentwicklung der letzten Jahrzehnte (durch Weyl, Einstein, Schrödinger u. a.) ging dahin, eine *einheitliche Feldtheorie* aufzustellen, in der Gravitationsfeld und elektromagnetisches Feld mathematisch vereinigt und auf einen gemeinsamen Ursprung zurückgeführt werden und die von sich aus die Existenz von elektrischen Ladungen liefert. Bei der mathematischen Formulierung dieser Gedanken wurde z. T. ein fünfdimensionaler Raum benutzt, von dem aus die physikalischen Gesetze im vierdimensionalen Raum (→ Minkowski-Raum) durch Projektion gewonnen wurden (**projektive R.**).

Die zur experimentellen Prüfung der speziellen wie der allgemeinen R. unternommenen Versuche liegen einerseits auf dem Gebiet der Atomphysik, andererseits auf dem der Astronomie, da die Unterschiede zwischen der relativistischen und der klassischen Mechanik und Elektrodynamik erst bei sehr schnellen Bewegungen, wie sie innerhalb der Atome anzunehmen sind, oder bei sehr großen Abmessungen merklich werden. Im Gegensatz zur speziellen R., die für eine Fülle experimenteller Tatsachen Aufklärung bringt, hat die allgemeine R. hauptsächlich nur zu den folgenden empirisch prüfbareren Voraussagen geführt: a) Das Perihel der Bahn eines Planeten dreht sich langsam, so daß die Bahnellipse ihre Lage im Raum allmählich verändert. Beim Merkur errechnet sich die Winkelverschiebung des Perihels zu 43 Bogensekunden je Jahrhundert in Übereinstimmung mit den Beobachtungen. Bei den anderen Planeten sind die theoretischen Verschiebungen kleiner und die Beobachtungen noch zu ungenau. Auch die Satelliten von Plane-

ten, z. B. der Mond der Erde, zeigen die Periheldrehung ihrer Bahn. Verhältnismäßig groß muß der Effekt bei künstlichen Erdsatelliten mit nicht zu großer Erdentfernung sein, so daß hier eine genaue Nachprüfung der allgemeinen R. möglich wird. b) Lichtstrahlen werden in starken Gravitationsfeldern von ihrem geradlinigen Weg abgelenkt. Beobachtungen während totaler Sonnenfinsternisse haben tatsächlich eine Ablenkung der Lichtstrahlen im Gravitationsfeld der Sonne am Sonnenrand gezeigt, und zwar um etwa 1,75 Bogensekunden, so daß hier die Voraussagen der Theorie innerhalb der experimentellen Genauigkeit von 10 % bestätigt wurden. c) Die Spektrallinien des Lichtes von Atomen, die sich in starken Gravitationsfeldern befinden, zeigen eine Rotverschiebung, d. h., ein im Gravitationsfeld schwingendes Atom emittiert Licht kleinerer Frequenz als dasselbe Atom im gravitationslosen Raum. Die Existenz dieses Effektes ist durch Beobachtungen an Sternen extrem hoher Dichte (z. B. Weißen Zwergen) qualitativ gesichert, zur quantitativen Bestätigung reicht das Beobachtungsmaterial noch nicht aus.

Wegweisende Anregungen hat die allgemeine R. auch für die Kosmologie gebracht. Die Entwicklung ist hier noch in vollem Gange.

Lit. Born: Die R. Einsteins (elementar dargestellt; 3. Aufl. Berlin 1922); Eddington: R. in mathematischer Behandlung (Berlin 1926); Einstein: Über die spezielle und allgemeine R. (gemeinverständlich; 14. Aufl. Braunschweig 1922); Fock: Theorie von Raum, Zeit und Gravitation (Berlin 1960); Freundlich: Der gegenwärtige Stand der Prüfung der R. (Wissenschaftliche Annalen Berlin 1952); Kratzer: R. (Vorlesungen Münster 1956); Landau und Rumer: Was ist die R.? (2. Aufl. Leipzig 1963); v. Laue: Die R. (2 Bde 3. Aufl. Braunschweig 1952/53); Lorentz, Einstein, Minkowski: Das Relativitätsprinzip (5. Aufl. Berlin 1923); Papapetrou: Die R. und ihre neuere Entwicklung (Wissenschaftliche Annalen Berlin 1953); Spezielle R. (2. Aufl. Berlin 1957).

Relaxation, das zeitliche Zurückbleiben einer Wirkung hinter der Ursache; in der Physik z. B. das zeitliche Zurückbleiben der Magnetisierung hinter dem Stromdurchgang durch einen Elektromagneten. Auch wenn man sofort beim Einschalten den Strom in voller Stärke hindurchfließen läßt, so wird der Eisenkern doch erst allmählich magnetisch, und zwar wegen der inneren Reibungskräfte, denen die Elementarmagnete im Eisen unterworfen sind. Entsprechend klingt die Magnetisierung nach Ausschalten des Stromes nur allmählich ab. Neben dieser **magnetischen R.** kennt man die entsprechende **dielektrische R.**, die bei der Polarisation eines Dielektrikums (Isolators) auftritt. Sie beeinflusst stark das Verhalten von Isolierstoffen in elektrischen Hochfrequenzfeldern. Dabei können die Moleküle den schnellen Schwingungen des Feldes nicht frei folgen; vielmehr entsteht durch die innere Reibung Wärme. Diese Erscheinung wird technisch zum Erhitzen von Stoffen ausgenutzt. Eine besondere Art der R. ist die → **Nachwirkung**. **Relaxationszeit** oder **Abklingzeit** ist bei einem Relaxationsvorgang die Zeit, innerhalb derer der Wert einer physikalischen Größe auf einen bestimmten Bruchteil ($\frac{1}{2,718}$) des Anfangswertes absinkt. Sie ist meist um so kleiner, je höher die Temperatur des betreffenden Stoffes ist.

Relief, 1) **Geographie**: die Gesamtheit der Erdoberflächenformen. Über die Darstellung auf Karten → **Reliefdarstellung**. Das R. wird von der Geomorphologie erforscht.

2) **Kartographie**: **Geländemodell**, die körperliche Nachbildung eines Ausschnittes der Erdoberfläche in Sand, Papp, Gips oder Kunststoff. Die Oberfläche wird meist mit einem Kartenbild bemalt (→ **Kartenrelief**). Wird der Höhenmaßstab größer als der Längenmaßstab gewählt, werden die Hangneigungen verfälscht.

Reliefdarstellung

Reliefdarstellung, die zur Darstellung der Erdoberflächenformen (→ Relief 1) auf Karten angewandten graphischen Methoden. *Höhenlinien* (*Höhenkurven*, *Schichtlinien*, *Höhenschichtlinien*, *Niveaulinien*, *Isokypsen*) verbinden Punkte gleicher Höhenlage in bezug auf den Meeresspiegel (Meereshöhe). Ihr vertikaler Abstand wird als *Aquidistanz* bezeichnet. In großmaßstäblichen Karten ermöglichen gleichabständige Höhenlinien die meßbare Darstellung des Reliefs. Sie gestatten es, die Höhenlage jedes Punktes und die Neigung der Hänge annähernd zu bestimmen. Werden die Flächen zwischen zwei Höhenlinien farbig angelegt, so entstehen die für kleinmaßstäbliche Karten oft benutzten *Höhenschichten* (meist grün für Tiefland, braun für Gebirge). Anschaulicher ist die R. mittels *Schraffen* oder *Bergsricken*, d. s. engstehende, kurze Fallstriche, die immer senkrecht auf den Höhenlinien stehen und deren Stärke bei den Böschungsschraffen die Hangneigung ausdrückt; je stärker die Striche sind, desto steiler ist die Neigung. Ein plastischer Eindruck entsteht mittels Schattenschraffen, die auf jüngeren Karten fast völlig durch die schattenplastische *Reliefschummerung* verdrängt wurden. Bei ihr werden die Oberflächenformen durch Licht und Schatten wiedergegeben. Eine ähnliche Wirkung kann durch *Reliefphotographie* erreicht werden, bei der ein meist von NW beleuchtetes Geländemodell (Relief) fotografiert wird (Wenschow-Verfahren). Oft wird die Schummerung mit Höhenschichten kombiniert angewandt, z. B. bei der Schweizer Manier, bei der die Höhen (Gebirge) in lichten, warmen Tönen (rosa, gelb) gehalten sind, während die Tiefen (Täler) in bläulich-grünen Tönen (entsprechend der luftperspektivischen Ferne) angelegt werden.

Lit. Imhof: Kartographische Geländedarstellung (Berlin 1965).

Reling, → Schanzkleid.

Relon, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Reluktanzmaschine, eine → elektrische Maschine mit unbewickelter Läufer. Bei ihr erfolgt die Spannungsinduktion durch eine mit der Läuferbewegung verbundene Änderung des magnetischen Widerstandes (Reluktanz), der für den Fluß durch die Ankerspulen im Ständer maßgebend ist. R.n. werden als Mittelfrequenzgeneratoren (500 bis 10000 Hz) für die Speisung von Anlagen zur Induktionserwärmung eingesetzt. Kleine R.n. als **Magnetomotoren** bezeichnet, dienen zum Antrieb von Uhren und Zählwerken.

rem, Kurzz. für → Rem.

Rem [Abk. von englisch roentgen equivalent man], Kurzz. **rem**, nicht gesetzliche Einheit des Dosisäquivalents. Das Dosisäquivalent von 1 rem ruft bei Verwendung einer beliebigen Art von ionisierender Strahlung die gleiche biologische Wirkung hervor wie die Exposure mit 1 R (Röntgen) bei Röntgen- oder Gammastrahlung. R. ist somit keine Dosisseinheit, obgleich es vielfach zur Kennzeichnung der maximal zulässigen Dosis (→ Toleranzdosis) verwendet wird. **Millirem**, Kurzz. **mrem**, = 10^{-3} rem.

Die Verbindung zu anderen Strahlenarten wird hergestellt über die *relative biologische Wirksamkeit*, Abk. RBW, im Engl. RBE (Abk. von relative biological effectiveness); es gilt: Zahl der Rem = Zahl der biologisch äquivalenten R · RBW. Dieser Faktor der RBW beträgt z. B. für Röntgen- oder Gammastrahlung definitionsgemäß 1, für Betateilchen und Elektronen 1, für Protonen und Alphateilchen 10, für mehrfach geladene Ionen und Rückstoßkerne 20, für Neutronen etwa 10 (je nach Energie verschieden).

Remanenz, → Hysterese.

Rendezvous-Technik (Tafel 19), Bezeichnung für einen Komplex von astronautischen Flug-

manövern, mittels derer zwei Raumflugkörper, die sich ursprünglich auf verschiedenen Bahnen bewegen, allmählich zusammengeführt und schließlich fest miteinander verbunden werden können (Kopplung, Docking). Infolge der großen Relativgeschwindigkeiten und großen Entfernungen erfordert die R.-T. sehr genaue Positions- und Bahnbestimmungen sowie mehrfache Bahnänderungen, um die Flugbahnen schrittweise einander anzugleichen und den Abstand zu verringern. Ein Rendezvous wird zunächst von den Kontrollstationen überwacht und eingeleitet; in der letzten Phase müssen die Flugmanöver mittels Rendezvous-Radars und schließlich nach Sicht von den Besatzungen der Raumschiffe selbstständig durchgeführt werden.

Der Vorbereitung der R. dienten die Gruppenflüge sowjetischer Raumschiffe (erstmals Wostok 3 und 4 am 12. 8. 1962).

Das erste Rendezvous gelang den Raumschiffen Gemini 6 und 7 (USA) am 15. 12. 1965, das erste Docking-Manöver am 17. 3. 1966 dem Raumschiff Gemini 8 mit einer Agena-Rakete. Ein automatisches Rendezvous- und Kopplungsmanöver zwischen unbemannten Satelliten führten erstmalig am 30. 10. 1967 Kosmos 186 und 188 aus (UdSSR).

Die R.-T. ist Voraussetzung für den Bau bemannter Raumstationen (→ Raumfahrt) sowie für andere kompliziertere Raumfahrtunternehmungen (→ Mondprojekt).

Renn-Verfahren, **Krupp-Renn-Verfahren**, ein thermisches Verfahren zur Anreicherung von Eisen oder Nickel in metallischen Zwischenprodukten, die aus armen Erzen gewonnen werden. Die Gangart ist im allgemeinen hochsiliziumdioxidhaltig. Die Eisenerze werden mit Koksgrus, Anthrazit, Kohlenstaub, Grudekoks oder Braunkohlenhochtemperaturkoks gemischt und kontinuierlich in einen etwa 7° geneigt liegenden Drehrohrofen mit Gas- oder Kohlenstaubfeuerung (**Rennofen**) eingetragen. In ihm wird das Erz im Wärmegegenstrom zunächst bei einer Temperatur von 650 bis 1100 °C reduziert und in der Luppezone bei 1250 °C infolge der rotierenden Bewegung des Ofens das Eisen von der Schlacke geschieden. Die anfallenden → Luppen werden nach dem Austragen und Zerkleinern durch Magnetscheidung von der Schlacke getrennt. Die Schlacke wird als Straßenbaustoff verwendet. Die Luppen (Durchmesser etwa bis 15 Millimeter) haben folgende Zusammensetzung: etwa 95 bis 97 % Eisen, 0,3 bis 1 % Kohlenstoff, 0,8 bis 1,5 % Schwefel.

Infolge des hohen Schwefelgehaltes war bis vor wenigen Jahren eine unmittelbare Weiterverarbeitung im Siemens-Martin-Ofen oder im Elektroofen nicht möglich, sondern die Luppen mußten im Hochofen zunächst entschwefelt werden. Durch Anwendung des Sauerstoffaufblas-Verfahrens (→ Stahlerzeugung) können die Luppen heute in den Stahlschmelzöfen verarbeitet werden.

Auch arme oxidische Nickelerze können nach dem R.-V. zu nickelhaltigen Luppen verarbeitet werden, die sich dann auf Ferronickel aufarbeiten lassen (→ Nickel).

Rep [Abk. von engl. roentgen equivalent physical], nicht gesetzliche Einheit der Energiedosis. R. ist die Menge einer beliebigen ionisierenden Strahlung, die in 1 Gramm Luft eine Energie von 83,8 erg, in 1 Gramm tierischen Gewebes eine Energie von 94 erg frei macht und physikalisch die gleiche Wirkung wie 1 Röntgen hervorruft.

Repetierbüchse, ein → Jagdgewehr.

Reproduktionskamera, → Reproduktionsphotographie.

Reproduktionsphotographie, die Herstellung von Druckformen für alle Druckverfahren durch

Übertragung von Bild- und Schriftvorlagen in entsprechende negative oder positive Kopier-
vorlagen. Von dem in den meisten Fällen durch
→ Retusche vorbereiteten Original wird mit
Hilfe einer **Reproduktionskamera** eine Aufnahme
(Negativ) in der gewünschten Verkleinerung
oder Vergrößerung gemacht. Bei der **Horizontal-
kamera** ist die Kamera mit einem Laufwagen
auf ein Schwingstativ gesetzt, das auch den
Originalhalter trägt. Nach dem gleichen Prinzip
ist die für größte Formate (maximal 1,5 m
· 1,5 m) besonders geeignete **Brückenkamera** ge-
baut; hier ist ein brückenartiges Schwingstativ
an der Decke aufgehängt, so daß der Raumboden
frei von Hindernissen ist. Die **Vertikalkamera** ist
eine auf den Kopf gestellte Horizontalkamera.
Bei ihr sitzt das Objektiv mit einem Umkehr-
spiegel fest auf dem Stativ. Zum Verändern
des Wiedergabemaßstabes werden gleichzeitig
der Mattscheibenteil und der Originalhalter be-
weegt. Bei der **Zweiraumkamera** befindet sich nur
der Mattscheibenteil im verdunkelten Raum;
Originalhalter und optisches System stehen da-
gegen im beleuchteten Atelier, so daß die Be-
dienung der Kamera erleichtert ist. — Aufnah-
men, die zur Herstellung von Ätzungen (Hoch-
druckformen) verwendet werden sollen, werden
mit einer um 90° zum Original geschwenkten
Kamera über ein Prisma oder einen Metallum-
kehrspiegel aufgenommen, um ein seitenrichtiges
Negativ als Kopiervorlage zu erhalten. Bei Auf-
nahmen für Autotypen muß ein → Raster vorge-
schaltet werden. Farbige Vorlagen werden mehr-
mals unter Vorschalten verschiedener Farbfilter
photographiert; die sich hierbei ergebenden →
Farbauszüge stellen die Kopiervorlagen für die
einzelnen Druckformen von Mehrfarbendruck
dar. Die zur Farb- und Tonwertkorrektur beim
→ Maskenverfahren benötigten Masken fertigt
man ebenfalls durch R. an.

Als Aufnahmefilm wird meist Spezial-
reprofil oder eine Trockenplatte verwendet.

Reproduktionstechnik, die Gesamtheit der
Verfahren zur Herstellung von Druckformen für
die Wiedergabe der vielfältigsten Vorlagen in den
verschiedenen Druckverfahren (ein- oder mehr-
farbig). Die R. umfaßt die Retusche, die Repro-
duktionsphotographie, das Kopieren und die
Bearbeitung der Druckplatten. Durch rein photo-
graphische Verfahren werden z. B. die Photo-
kopie und die Lichtpause hergestellt, durch photo-
mechanische Verfahren die Autotypie und die
Strichätzung. Sonderformen der R. stellen Ther-
mokopierverfahren und elektrophotographische
Verfahren (Xerographie) dar.

Reprographie, zusammenfassender Begriff für
alle Verfahren, die von Vorlagen (Schriftstücke,
Zeichnungen, Drucke) unter Verwendung von
strahlungsempfindlichem Material eine Wieder-
gabe in bleibender Form für alle Zwecke der
Dokumentation bringen. Dazu eignen sich neben
den klassischen Methoden auf photochemischer
Grundlage auch neuere, silberfreie Verfahren,
die elektromagnetische, elektrostatische oder
thermische Effekte ausnutzen.

Repulsionsmotor, eine → elektrische Maschine.

Reservedruck, → Druckerei.

Resinate, 1) die Salze der Harzsäuren (**Harz-
seifen**). Alkaliresinate werden Kern- und Schmier-
seifen in kleinen Mengen zugesetzt und ver-
bessern deren Löslichkeit und das Schaumver-
mögen. R. mit anderen Metallionen sind als
Metallseifen von technischer Bedeutung.

2) die Ester der Harzsäuren (**Harzester**). Sie
werden als Lackrohstoffe verwendet.

Resinosäuren, svw. → Harzsäuren.

Resistron, svw. → Vidikon.

Resite, **Resitole**, → Phenolharze.

Resolharze, **Resole**, → Phenolharze.

Resonanz, 1) das Mitschwingen eines → Reso-
nators bei dessen Eigenfrequenz oder in deren
Nähe. Wird ein Resonator sinusförmig angeregt,
so schwingt er (nach dem Einschwingen) er-
zwungen mit der der Anregung entsprechenden
Frequenz. Die Amplitude der Schwingung hängt
vom Verhältnis der anregenden Frequenz zur
Eigenfrequenz des Resonators ab; stimmen
diese beiden Frequenzen überein, so wächst die
Amplitude sehr stark an und wird nur durch die
→ Dämpfung des Resonators begrenzt (**Resonanz-
überhöhung**). Dabei kann die Schwingung zur
Zerstörung des Resonators führen (z. B. Über-
beanspruchung von Brücken durch Marsch-
kolonnen, Durchschlag von Kondensatoren in
Schwingkreisen geringer Dämpfung). Bei Ände-
rung der anregenden Frequenz durchläuft die
Amplitude eine **Resonanzkurve** (Abb.), aus der
sich die Dämpfung des Resonators ermitteln
läßt. Wird der Resonator mit einem Frequenz-
gemisch angeregt, so werden Schwingungen
praktisch nur von den Frequenzen verursacht,
die in der Nähe der Eigenfrequenz (**Resonanz-
frequenz**) des Resonators liegen. Auf diese Weise
lassen sich einzelne Schwingungen aus Frequenz-
gemischen aussieben (→ Schallanalyse, → Filter).
Die R. ist die Grundlage für die gesamte Nach-
richtentechnik.

Lit. Barkhausen: Einführung in die Schwingungs-
lehre (Leipzig 1950); Reichardt: Grundlagen der Elektro-
akustik (3. Aufl. Leipzig 1960); Weickert: Lehrb. der
Hochspannungstechnik (9. Aufl. Leipzig 1956).

2) der Resonanzzustand von Elementarteil-
chen. Man bezeichnet als R.en sehr kurzlebige
(Lebensdauer 10^{-22} bis 10^{-24} s) Teilchen, die bei
der Wechselwirkung von Elementarteilchen auf-
treten. Sie lassen sich als neuartige Vereinigungen
von Elementarteilchen oder auch als äußerst
kurzlebige Elementarteilchen auffassen.

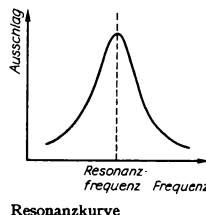
Lit. Sokolow: Elementarteilchen (dtsc Berlin 1964).

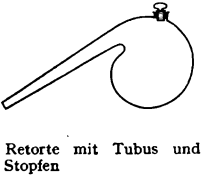
Resonanzabsorption, der Vorgang, bei dem das
von einem angeregten Atom beim Übergang in
seinen Grundzustand emittierte Photon von
einem anderen nicht angeregten Atom der glei-
chen Art absorbiert wird (→ Absorption).

Resonanzkreis, svw. → Schwingkreis.

Resonator, ein mechanisches oder elektromagne-
tisches schwingungsfähiges System. Mechanische
R.en bestehen aus Federn, Massen und Rei-
bungselementen, elektromagnetische R.en aus
Kondensatoren, Spulen und Widerständen.
Außerdem können abgeschlossene Räume als
mechanische oder elektromagnetische R.en wir-
ken (**Hohlraumresonator**). Jeder R. besitzt eine
Eigenfrequenz, die durch seine Elemente be-
stimmt wird; sie ist nahezu unabhängig von der
Dämpfung. Die Eigenfrequenz ist die Frequenz,
mit der der R. nach Beendigung einer Anregung
ausschwingt.

Beim **Helmholtzsch**en R. wirken das federnde
Luftvolumen eines einseitig offenen Hohlraumes
und die Masse der Luft in der oft röhrenförmigen
Öffnung als Schwingungssystem. In der Raum-
akustik dienen Helmholtz-R.en und die eben-
falls als R.en wirkenden Plattenschwinger als
Schallabsorber für tiefere Frequenzen. Der
Hertzsche R. dient zum Nachweis elektrischer
Schwingungen: ein Drahtbügel mit zwei Kugeln
als Kapazität an den Enden, die zum fast ge-
schlossenen Kreis gebogen sind. In der Hoch-
frequenztechnik werden Schwingkreise oder
Leuchtquarze als R. verwendet. Leuchtquarze
sind aus einem Quarzkristall ausgeschnittene
Körper, die in ihrer mechanischen Eigenfrequenz
schwingen und mittels des piezoelektrischen
Effekts (→ Piezoelektrizität) so hohe Span-



Resopal

nungen an ihren Oberflächen erzeugen, daß das Gas, in dem sie sich befinden, zum Leuchten angeregt wird (**Leuchtresonator**). Die Höchstfrequenztechnik verwendet an Stelle von Schwingkreisen Hohlraumresonatoren oder Topfkreise, geschlossene metallische Körper, in deren Innerem stehende Wellen erregt werden.

Resopal, → Plaste, Übers.

Resorzin, *m*-Hydroxybenzol, $C_6H_4(OH)_2$, ein zweiwertiges Phenol. R. bildet farblose Kristalle (F. 110 °C). Man gewinnt R. meist durch Alkalischmelze der aus Benzol und rauchender Schwefelsäure entstehenden *m*-Benzoldisulfonsäure. Es ist Ausgangsprodukt für Kunstharze (Phenolharze), Farb- und Gerbstoffe. Medizinisch wird es gegen Hautkrankheiten verwendet.

Respirator, → Beatmungsgeräte.

Rest, in der Zahlentheorie die bei der Division einer ganzen Zahl *m* durch eine ganze Zahl *n* sich ergebende Zahl *r*, die mit *m* und *n* in der Beziehung $m = n \cdot q + r$ (*q* ganzzahlig, $0 \leq r < n$) steht. Ist *m* teilbar durch *n*, dann ist also $r = 0$. Alle Zahlen, die bei der Division durch *n* denselben Rest lassen, bezeichnet man als *restgleich* oder *kongruent* (→ Kongruenz); sie bilden eine **Restklasse**.

Restseitenbandübertragung, ein beim Fernsichtfunk übliches Übertragungsverfahren, um hochfrequente Bandbreite zu sparen. Dabei wird eines der Seitenbänder (→ Modulation) des mit dem Bildsignal amplitudenmodulierten Hochfrequenzträgers beschneiden, d. h., es wird nur ein „Restseitenband“ übertragen. Dieses Verfahren stellt hohe Anforderungen an die Durchlaßkurve des Senders und der Empfänger, um die auftretenden Verzerrungen klein zu halten.

Reststrahlung, infrarote Strahlung großer Wellenlänge (über 20 μ m). Einige Kristalle, z. B. Kalkspat, Steinsalz, Kaliumjodid, zeigen im ultraroten Spektralbereich für gewisse Wellenlängen ein besonders großes und selektives Reflexionsvermögen (bis 0,9, → Reflexion). Durch mehrmalige Reflexion von weißem Glühlicht an derartigen Kristallplatten erhält man eine Strahlung von praktisch einer Wellenlänge im ultraroten Gebiet des Spektrums. Durch die Bestimmung der Reststrahlungsfrequenzen gewinnt man wichtige Aufschlüsse über den Kristallaufbau.

Resultante *f*, 1) Algebra: Die *R*. *R*(*f*, *g*) zweier Polynome $f(x) = a_0x^m + a_1x^{m-1} + \dots + a_m$ und $g(x) = b_0x^n + b_1x^{n-1} + \dots + b_n$ vom Grad *m* bzw. *n* ist die aus den Koeffizienten *a_i* und *b_j* gebildete (*m* + *n*)-reihige Determinante. Die *R*. ist ein wertvolles Hilfsmittel bei der Auflösung algebraischer Gleichungen. Es gilt nämlich der Satz: die beiden Gleichungen $f(x) = 0$ und $g(x) = 0$ haben genau dann eine gemeinsame Wurzel $x = a$ [d. h. $f(a) = 0, g(a) = 0$], wenn die *R*. *R*(*f*, *g*) der beiden Polynome *f*(*x*) und *g*(*x*) gleich Null ist.

$$\begin{array}{cccccccc}
 a_0 & a_1 & \dots & a_{m-1} & a_m & 0 & \dots & 0 \\
 0 & a_0 & \dots & a_{m-2} & a_{m-1} & a_m & 0 & \dots & 0 \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 0 & & & & & & & &
 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{cccccccc} a_0 & a_1 & \dots & a_{m-1} & a_m & 0 & \dots & 0 \end{array}} \right\} n \text{ Zeilen}$$

$$\begin{array}{cccccccc}
 b_0 & b_1 & \dots & b_{n-1} & b_n & 0 & \dots & 0 \\
 0 & b_0 & \dots & \dots & b_n & & & \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 0 & & & & & & & &
 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{cccccccc} b_0 & b_1 & \dots & b_{n-1} & b_n & 0 & \dots & 0 \end{array}} \right\} m \text{ Zeilen}$$

$$\begin{array}{cccccccc}
 0 & \dots & \dots & 0 & b_0 & b_1 & b_2 & \dots & b_n
 \end{array}$$

2) **Resultierende**, die Summe zweier (oder mehrerer) Vektoren, z. B. von Kräften (→ Parallelogrammsatz).

Retinol, Vitamin A, → Vitamine.

Retorte, im engeren Sinne ein birnenförmiges Metall- oder Glasgefäß mit langem, nach unten geneigtem Hals (Abb.). R. dient als Erhitzungsgefäß, z. B. für Destillationen. Im weiteren Sinne bezeichnet man in der chemischen Technik von außen beheizbare quader- oder zylinderröhrige Reaktionsgefäße, z. B. für die Trockendestillation von Kohle, ebenfalls als R. (Abb.).

Rettingsbohrung, eine gezielte → Bohrung von über oder unter Tage aus zur Rettung eingeschlossener Bergleute. Der Erfolg der R. hängt im wesentlichen von der Teufe ab, in der sich die Eingeschlossenen befinden. Meist wird zuerst eine Suchbohrung geringeren Durchmessers angelegt, die eventuell als Versorgungsbohrung (zur Versorgung mit Lebensmitteln und Medikamenten) dienen kann. Die Rettung erfolgt aus einer Großlochbohrung (380 mm Durchmesser) mittels eines durch das Bohrloch hinabgelassenen verkleideten Gestells von 2,5 m Länge, in dem eine Person an die Erdoberfläche gezogen werden kann (z. B. *Dahlbusch-Sonde*, so genannt nach dem erstmaligen Einsatz auf der westdeutschen Zeche Dahlbusch 1955).

Bei der R. wird angestrebt, Bohrverfahren mit Luftpülung (→ Bohrung) anzuwenden, da die möglicherweise auslaufende Flüssigkeitspülung die Bergleute gefährden könnte. Es müssen ferner Schleusen und Überdruckkammern vorhanden sein, da z. B. unter Überdruck stehende Grubenräume sonst durch von unten nachdrängendes Wasser überflutet werden können. Voraussetzung für R.en sind schnell montierbare und vielseitig einsetzbare Bohrgeräte, die allen in Frage kommenden Bedingungen angepaßt werden können.

Rettingsboot, Rettungsmittel auf Seeschiffen für den Seenotfall (auf Binnenschiffen ist meist nur ein kombiniertes Arbeits- und Rettungsboot vorhanden). R.e müssen auf jeder Schiffsseite in solcher Zahl vorhanden sein, daß alle an Bord befindlichen Personen darin aufgenommen werden können. R.e werden mittels Davits ausgesetzt und bestehen aus Holz, Stahlblech, Leichtmetall oder glasfaserverstärktem Plast. Sie sind mit Luftkäten versehen, die sie unsinkbar machen. Die Fortbewegung erfolgt bei kleineren R.en durch Pullen (Rudern mittels Riemen). R.e für 60 und mehr Personen (maximal 150) müssen Handpropellerantrieb haben (von den Insassen wird durch dem Pullen ähnliche Bewegung von Handhebeln eine kleine Schiffsschraube in Umdrehung versetzt), oder sie werden durch einen Dieselmotor angetrieben.

Für R.e ist eine umfangreiche seemännische Ausrüstung vorgeschrieben; außerdem müssen Lebensmittel und Trinkwasser für eine mehrtägige Versorgung der Schiffbrüchigen und ein Sanitätskasten mit Medikamenten im Boot sein. Ferner gehören zur Ausrüstung weithin sichtbare optische Signalmittel und Geräte zur Abgabe akustischer Signale (→ Notsignale). Motorrettungsboote mit 6 sm/h Geschwindigkeit und Brennstoff für 24 Stunden müssen mit Funkgerät und Scheinwerfer ausgerüstet sein. Schiffe mit weniger als 20 Rettungsbooten müssen ein tragbares Funkgerät oder einen automatischen Seenotsender für den Einsatz im Boot bereithalten. Neuerdings gibt es auch R.e mit Radarreflektoren.

Seenot-Rettungsboote sind an Küsten in Seenotrettungsstationen stationierte, besonders seetüchtige und fast unsinkbare Motorrettungsboote zur Rettung aus Seenot vom Lande aus. Sie haben eine spezielle Ausrüstung (z. B. Leinewurfgerät, Rettungsringe, Rettungsflöße, Wellenberuhigungöl, Lenz- und Feuerlöschpumpen).

Rettungsfloß, ein auf Seeschiffen, z. T. auch in Flugzeugen mitgeführtes Seenotrettungsgerät. Neuere Rettungsflöße bestehen aus einem Schwimmkörper aus Blech oder Schaumstoff mit 12 getrennten, luftdichten Kammern. Die Tragfähigkeit beträgt bis zu 6 Personen. Die **Rettungsinsel** ist ein mit einem geschlossenen Schutzdach versehener luftgefüllter Schwimmkörper aus Gummi oder Plast. Er wird zusammengelegt in einer leicht zu öffnenden Metalltrommel untergebracht und ist mittels Reißleine mit dem Schiff oder Flugzeug verbunden. Im Seenotfall wird die Rettungsinsel auf der Leeseite über Bord geworfen. Nach Zug an der Reißleine füllt sie sich einschließlich des Schutzdaches automatisch mit Luft. Die Tragfähigkeit beträgt bis zu 25 Personen. (Abb.)

Rettungsring, ein mit Kork oder Schaumstoff gefüllter Segeltuchring mit wechselnd roten und weißen Quadranten. Um den äußeren Durchmesser ist eine an 4 Stellen mit Bändern am Ring gehaltene, durchhängende Sicherheitsleine geführt. Der R. wird bei „Mann über Bord“ zur Rettung und zur Erkennung des Unfallortes ins Wasser geworfen. Der R. muß in Frischwasser 14,5 kp 24 Stunden tragen. Der **Nachtrettungsring** ist durch eine kurze Leine mit einem Nachtrettungslicht verbunden, das sich bei Berührung mit Wasser von selbst entzündet und mindestens $\frac{3}{4}$ Stunde brennt. Die Anzahl der R.e, die von der Arbeitsschutzanordnung für ein Schiff vorgeschrieben ist, richtet sich nach der Schiffsgattung und dem Fahrtbereich. Auf Frachtschiffen in großer Fahrt werden mindestens 6 R.e gefordert, von denen 2 Nachtrettungsringe sein müssen.

Retusche, das Überarbeiten photographischer Filme, Platten oder Kopien. Die **Negativretusche** erfolgt durch Schaben zum Aufhellen von Bildstellen und durch Nacharbeiten mit weichem Graphitstift zum Verstärken der Tiefen. Durch die **Positivretusche** sucht man die Bildwerte der photographischen Abzüge zu verbessern, vor allem solcher, die reproduziert werden sollen. Die Kopie wird mittels feiner Pinsel, Spritzapparat und Schablonen mit besonderen Farben überarbeitet. **Farbretusche** ist die Korrektur der Farbauszüge bezüglich ihrer Farb- und Tonwertrichtigkeit; ihre Art wird bestimmt durch die Unreinheit der Druckfarben, durch die beschränkte Tonwertwiedergabe der Druckverfahren und den Farbauszug selbst. Die Arbeitstechnik bei der Farbretusche entspricht derjenigen bei der Schwarz-Weiß-Retusche; daneben setzt sich immer mehr die photomechanische Farbkorrektur mit Hilfe der Maskenverfahren und die elektronische Farbkorrektur z. B. bei Farbscannern durch.

Reuse, ein → Fischfanggerät.

reversibel, umkehrbar, Bezeichnung für solche Prozesse, die in der einen oder anderen Richtung verlaufen können, die also auf irgendeine Weise so rückgängig gemacht werden können, daß keine Veränderungen in der Natur zurückbleiben. R. sind z. B. Prozesse, die stabile Gleichgewichtszustände durchlaufen. Gegensatz: → irreversibel.

Revier, in der Schifffahrt der Teil des Fahrwassers von der Ansteuerungstonne oder der Reede bis zum Hafen.

Revolver, 1) **Drehpistole**, **Trommelrevolver**, **Colt**, eine (einhändige) Handfeuerwaffe mit drehbarer Trommel als Mehrladeeinrichtung. Die Trommel faßt meist 6 Patronen. Das Drehen der Trommel wird selbsttätig durch das Spannen des Hahnes bewirkt. Der Verschuß ist im Gegensatz zu den Pistolen unbeweglich.

2) → Revolverkopf.

Revolverkopf, 1) ein Mehrfach-Werkzeugspanner an Werkzeugmaschinen. Man unter-

scheidet **Trommelrevolverköpfe** mit Werkzeuglöchern an der Stirnseite und **Sternrevolverköpfe** mit Werkzeuglöchern am Umfang. R. dienen zur Aufnahme einer durch die Konstruktion bestimmten Anzahl von Werkzeugen, die durch Drehen um die Revolverkopffachse stets in einer bestimmten Reihenfolge und mit einer bestimmten Einstellung zum Eingriff kommen.

2) eine drehbare Spannvorrichtung zum schnellen Wechseln von Objektiven, z. B. an Mikroskopen und photographischen Kameras.

Reynoldssche Zahl, Zeichen **Re**, die nach dem englischen Physiker Reynolds benannte wichtigste Ähnlichkeitskennzahl der reibungsbehafteten Strömung. Sie ist das Verhältnis der Trägheits-

zu den Reibungskräften: $Re = \frac{vl}{\nu}$. Dabei ist

ν die Geschwindigkeit, v die kinematische Zähigkeit des strömenden Mediums, l eine charakteristische Bezugslänge (z. B. Durchmesser d einer durchströmten Röhre). Die R. Z. charakterisiert die Fließart einer Strömung, die entweder laminar oder turbulent (→ Strömungslehre) ist. Bei laminarer Strömung ist die R. Z. klein, bei turbulenter Strömung weist die größere Werte auf. Die dem Umschlag laminarer in turbulente Strömung entsprechenden Re z. B. heißen **kritische R. Z.**

Reyon n , in Westdeutschland Bezeichnung für Viskoseseweide.

Rezipient, ein Raum mit Glas- oder Metallwand, der mit Hilfe einer Vakuumpumpe evakuiert werden kann.

reziprok, 1) allgemein svw. wechselseitig, gegenseitig.

2) **Arithmetik**: Der **reziproke Wert** (**Kehrwert**) einer Zahl z ist der Quotient $\frac{1}{z}$. Ist z insbesondere ein gemeiner → Bruch, $z = \frac{a}{b}$, so erhält man den Kehrwert durch Vertauschen von Zähler und Nenner: $\frac{1}{z} = \frac{b}{a}$. Das Produkt aus einer Zahl und ihrem reziproken Wert ist 1, z. B. $5 \cdot \frac{1}{5} = 1$; $\frac{3}{4} \cdot \frac{4}{3} = 1$.

3) **Algebra**: Eine algebraische Gleichung n -ten Grades in einer Unbekannten, in der der höchste Koeffizient und das Absolutglied, die Koeffizienten von x^{n-1} und x , von x^{n-2} und x^2 usw., gleich sind, bezeichnet man als reziproke Gleichung, z. B. $x^4 - 3x^3 + 4x^2 - 3x + 1 = 0$. Mit jeder Wurzel w einer n -en Gleichung ist auch ihr r -er Wert $\frac{1}{w}$ eine Lösung.

4) **Geometrie**: → Inversion.

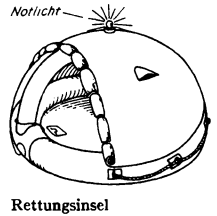
RfG, Abk. für rückstoßfreies → Geschütz.

R_f-Wert, → Chromatographie.

Rh, Symbol für → Rhodium.

rhe, nicht gesetzliche Einheit der Fluidität (Beweglichkeit) von Flüssigkeiten, Kehrwert der dynamischen Viskosität. $1 \text{ rhe} = 1 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Rhenium, Symbol **Re**, chemisches Element aus der VII. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall, Edelmetall; Ordnungszahl 75, Massenzahlen der Isotope 187 und 185, das Isotop ^{187}Re ist schwach radioaktiv und zerfällt mit einer Halbwertszeit von $4 \cdot 10^{11}$ Jahren unter β -Strahlung; Atomgewicht 186,2 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist VII, auch I, II, III, IV, V, VI, D. 20,9 g cm $^{-3}$, F. 3170 °C, Kp. 5870 °C; 1925 von Tacke und Noddack röntgenspektroskopisch entdeckt, nachdem seine Existenz schon 1871 von Mendelejew vorausgesagt worden war. R. hat weißes, platinähnliches Aussehen. In der Natur kommt es in geringen Mengen als Begleiter des Molybdäns sowie in Niob-, Tantal-, Wolfram- und Platinerzen vor. In der DDR gewinnt man



es aus den Flugstäuben der Kupferverhüttung (Mansfeld). Man verwendet R. als Glühdraht für Glühlampen, für Spiegelüberzüge, zur Herstellung von Thermoelementen, ferner für Elektroden, Katalysatoren, Transistoren u. a. Legiert mit Ta, Nb, W, Fe, Co, Ni, Ir, Pt und Au ist es sehr hart und widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse.

Rheologie, Fließkunde, ein Forschungsgebiet, das sich vorwiegend mit solchen Fließ- und Reibungsvorgängen befaßt, bei denen der Koeffizient der inneren Reibung (\rightarrow Viskosität) von den gegebenen Bedingungen (Druck, Temperatur u. a.) abhängig ist; wichtig für organische Plaste.

Lit. Reiner: R. (dtsch Leipzig 1967).

Rheostat, ein durch Drehschalter oder Kontaktstößel stellbarer elektrischer \rightarrow Widerstand. Der R. ist für genaue Messungen geeignet.

Rheotron, svw. \rightarrow Betatron.

Rhodaminfarbstoffe, Xanthenfarbstoffe, die durch Kondensation von substituierten m-Aminophenolen mit Phthalsäureanhydrid dargestellt werden. Die Färbungen zeichnen sich durch reine rote Nuancen aus und zeigen Fluoreszenz, sind jedoch sehr lichtunecht. Deshalb werden sie heute lediglich noch in der Papier- und Lederindustrie sowie in der Mikroskopie verwendet.

Rhodanwasserstoffsäure, svw. \rightarrow Thiozyan-säure.

Rhodium, Symbol Rh, chemisches Element aus der VIII. Nebengruppe des Periodensystems, Platinmetall, Edelmetall, Reinelement; Ordnungszahl 45, Atomgewicht 102,905 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist III oder IV, seltener I, II, VI, D. 12,4 g cm $^{-3}$, F. 1960 °C, Kp. 4500 °C; 1803 von Wollaston entdeckt. Das grauweiße, sehr dehnbare Metall kommt in der Natur nur vergesellschaftet mit anderen Platinmetallen und sonstigen Metallen vor. Zur Gewinnung von R. werden die Erze meist nach Entfernung der unedlen Metalle mit Königswasser behandelt, in dem sich R. und die anderen Platinmetalle nicht lösen. Diese Platinrückstände werden im Schmelzfluß aufgeschlossen oder mit unedlen Metallen legiert. R. wird durch Ammoniak aus salzsaurer Lösung gefällt. Wegen seiner Härte und seines guten Reflexionsvermögens verwendet man R. zur Herstellung von Spiegeln; wegen der guten Korrosionsbeständigkeit dient es als Schutzschicht auf anderen Metallen (für Schmuck, Bestecke u. a.). Spezialtiegel aus R. oder Rhodiumlegierungen lassen sich bei sehr hohen Temperaturen verwenden. Ferner dient R., meist legiert mit Pt, für Thermoelemente und als Katalysator.

Rhodo-chrosit, Manganspat, Himbeerspat, ein Mineral, wichtiges Manganerz, MnCO_3 ; trigonal, Kristalle selten, meist in körnigen, auch radialstrahligen Aggregaten von rosa- bis himbeerroter Farbe, Härte nach Mohs 4, D. 3,3 bis 3,6 g cm $^{-3}$. R. findet sich auf manchen Gold-, Silber- und Zinklagerstätten.

Rhombenporphyr, ein \rightarrow Keratophyr.

rhombisch, \rightarrow Kristall.

Rhomboeder, ein von 6 Rhombenflächen begrenzter Körper, eine Sonderform des \rightarrow Parallelepipeds; \rightarrow Kristall.

Rhomboid, ein Parallelogramm, bei dem die anliegenden Seiten nicht gleich lang sind und nicht aufeinander senkrecht stehen.

Rhombus, Raute, ein Parallelogramm mit vier gleichlangen Seiten. Die beiden Diagonalen sind zugleich Winkelhalbierende. Sie stehen aufeinander senkrecht und halbieren einander. (Abb.)

Rho-Theta-Verfahren, \rightarrow Funkortung, Abschn. I, 3.

rH-Wert, der negative dekadische Logarithmus des Gasdruckes bzw. der Fugazität p_{H_2} des

Wasserstoffs an einer Wasserstoffelektrode:

$$rH = -\log p_{\text{H}_2}. \text{ Es gilt: } rH = \left(\frac{E}{0,058} + pH \right),$$

wobei E = Bezugs-EMK. Es gibt eine der pH -Skale in wäßrigen Lösungen analoge rH -Skale, die von 0,0 bis 41,7 reicht. Bei negativen Werten von rH setzt selbsttätig Wasserstoffentwicklung, bei $rH > 41,7$ Sauerstoffentwicklung ein. Der rH -Wert ist in der Biologie von Bedeutung, da biologische Reaktionen auf gewisse rH -Bereiche begrenzt sind.

Rhyolith, svw. \rightarrow Liparit.

Riboflavin, \rightarrow Vitamine.

D-Ribose, $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$, eine physiologisch wichtige Aldopentose (\rightarrow Kohlenhydrate). Sie findet sich in den Ribonukleinsäuren, in verschiedenen Kofermenten, im Vitamin B_{12} und in einigen Glykosiden.

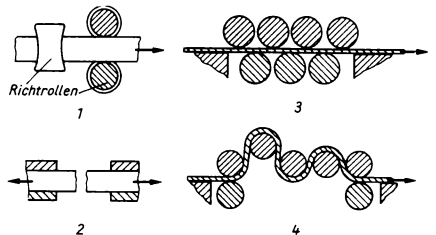
Richardson-Effekt, svw. \rightarrow glühelektrischer Effekt.

Richmann-Blacksche Mischungsregel, svw. \rightarrow Mischungsregel.

Richtantenne, \rightarrow Antenne.

Richtdiagramm, \rightarrow Strahlungscharakteristik.

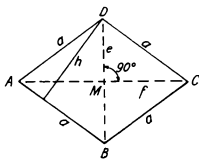
Richten, in der Fertigungstechnik die Kalt- oder Warmumformung von meist durch Eigenspannungen, Eigenmasse oder Verfahreneigenheiten verursachten Wölbungen, Ausbeulungen und Krümmungen in Blechen und Strängen mit Zurückführung in den ebenen Zustand bei Blechen oder auf den achsengeraden Zustand bei Strängen. Das R. von Hand erfolgt durch örtliches Biegen und Stauchen mit einem Hammer auf einer ebenen Unterlage. Das maschinelle R. wird durch wechselndes Biegen auf Mehrrollen-Richtmaschinen vorgenommen. Beim R. von Strängen sind dabei in Durchlaufrichtung die Rollenachsen um jeweils 90° zueinander versetzt. Das Biege-Zug-Richten von Blechen wird als **Walken** bezeichnet. Auch bei Strängen kann durch Längsreckung ein Richtvorgang ausgeführt werden.



Richten: 1 Strang-Richten, 2 Zug-Richten durch Längsrecken, 3 Blech-Richten, 4 Walken

Richtfeuer, ein \rightarrow Leuchtfeuer.

Richtfunkstrecke, Funkrelaislinie, Radiorelaislinie, der drahtlose Nachrichtenübertragungsweg zwischen zwei festen Punkten unter Benutzung von scharfbündelnden Antennen bei hohen Frequenzen (im allgemeinen $> 1 \text{ GHz}$, d. s. z. B. Dezimeter- und Zentimeterwellen). Die R.n. werden vorzugsweise unter Ausnutzung der optischen Sicht betrieben, die Entfernungen sind selten größer als 50 km, Sendeanlage und Empfangsanlage befinden sich meistens auf Türmen (Tafeln 41 und 49). Zur Überbrückung von Hindernissen oder größeren Entfernungen müssen zwischen Sender und Empfänger oft Relaisstationen eingefügt werden. Die Senderleistungen sind üblicherweise $< 10 \text{ W}$, allerdings sind die Antennengewinne der Sende- und Empfangsantennen sehr hoch (25 bis 40 dB). Als Antennen werden vor allem Parabolantennen, Muschelantennen, Hornparabolantennen und Cassegrainantennen eingesetzt. Moderne R.n. werden unbemannt betrieben, sie sind mit automatischer Ersatzschaltung versehen. Infolge der hohen Träger-



Rhombus. $U = 4a$,
 $A = a \cdot h$

frequenz stehen breite Frequenzbänder zur Verfügung. Üblich sind R.n zur Übertragung eines Bildsignals mit Begleitton oder zur gleichzeitigen Übertragung von 960 und mehr Fernsprechanalisen. Die Modulationsart dafür ist Frequenzmodulation (FM). Für kleine Kanalzahlen wird auch Pulsphasenmodulation (PPM) angewandt.

Lit. Megla: Dezimeterwellentechnik (5. Aufl. Berlin 1961); Streckert u. Liebernickel: Richtfunktechnik (Berlin 1964).

Richtgesperre, ein Maschinenelement, das eine hin- und hergehende Bewegung in eine in bestimmter Richtung verlaufende Drehbewegung übersetzt.

Richtgröße, **Direktionskraft**, in der Mechanik das Verhältnis der Rückstellkraft zur Auslenkung aus der Ruhelage, wenn es konstant ist, z. B. beim Pendel mit kleinen Auslenkungen oder bei Federn mit linearer Kennlinie; im letzteren Falle nennt man die R. auch **Federkonstante**. Bei Drehungen wird das Verhältnis des Momentes zum Winkel als **Richt-** oder **Direktionsmoment** bezeichnet.

Richtmaß, → Maßordnung.

Richtmoment, → Richtgröße.

Richtstrahler, → Antenne.

Richtwerte, erprobte technologische Kennziffern und Verfahrenskennwerte für die wirtschaftliche Anwendung der Fertigungsverfahren, z. B. in der spanenden Formung die Festlegung der Schnittgeschwindigkeit, der Schnitttiefe und des Vorschubes unter Berücksichtigung der Standzeit, des Werkstoffes und der Werkzeugform.

Lit. TGL 8921, Richtwerte für Drehen; TGL 8922, Richtwerte für Bohren; TGL 8924, Richtwerte für Hobeln und Stoßen.

Riebeckit, ein → Amphibol.

Riechstoffe, pflanzliche (→ ätherische Öle), seltener tierische (z. B. Moschus, Ambra) Geruchsstoffe, meist Mischungen verschiedenartiger organischer Verbindungen. Ein Riechstoff wird durch Grundrichtung, Geruchsintensität und Haftbarkeit charakterisiert. Fast alle natürlichen und darüber hinaus viele in der Natur nicht vorkommenden R. werden synthetisch hergestellt. Die R. werden zur Herstellung von Parfüm und als Aromatisierungsmittel in der Lebensmittelindustrie verwendet.

Lit. Koll u. Kowalczyk: Fachkunde der Parfümerie und Kosmetik (Leipzig 1957); Simon u. Thomas: Laboratoriumsbuch für die Riechstoffindustrie (4./5. Aufl. Halle 1950); → ätherische Öle.

Riegel, im Maschinenbau ein formschlüssig eingepaßter Stahlkörper zur Aufnahme von Kräften, z. B. **Riegelkopf**.

Riemannsche Fläche, ein Begriff der Funktionentheorie. An Stelle mehrdeutiger analytischer Funktionen in der Gaußschen Zahlenebene betrachtet man eindeutige analytische Funktionen auf den entsprechenden R.n F.n.

Riemannsche Geometrie, eine von dem deutschen Mathematiker B. Riemann entwickelte Geometrie, deren Maßbestimmung (→ Metrik) durch eine quadratische Differentialform gegeben ist; eine mehrdimensionale Verallgemeinerung der Geometrie auf der Fläche. Die R. G. enthält als Sonderfälle die hyperbolische und die elliptische nichteuklidische Geometrie sowie die euklidische Geometrie. Sie ist das grundlegende mathematische Hilfsmittel der allgemeinen Relativitätstheorie. Der **Riemannsche Raum**, der Raum der R.n G., ist in infinitesimalen Bereichen euklidisch, im ganzen jedoch nicht.

Lit. Pogorelaw: Einige Untersuchungen zur R.n G. im Großen (dtsh Berlin 1960); Raschewski: R. G. und Tensoranalysis (dtsh Berlin 1959).

Riemen, 1) **Treibriemen**, → Riementrieb.

2) an einem Ende mit einem Blatt versehenes Rundholz zum Pullen (Rudern, → Ruderboot); im Unterschied zum → Skull mit beiden Händen bewegt.

Riementrieb, **Bandtrieb**, 1) **Getriebelehre**: ein Hüllstoffgetriebe (→ Hüllstoffe, → Getriebe), bei dem die Kraftübertragung zwischen Antrieb und Abtrieb durch Riemen (Flachriemen, Keilriemen) kraftschlüssig (→ Kraftschluß) erfolgt. Allgemein läuft dabei der Riemen über zwei Riemenscheiben. Der R. arbeitet nicht schlupffrei, da der Kraftschluß auf der Reibung zwischen Riemenscheibe und Riemen beruht.

2) **Maschinenbau**: die Drehmomentübertragung von einer Welle auf eine andere durch Riemen (Treibriemen), die über zwei auf den Wellen befestigte Riemenscheiben laufen. Die **Treibriemen** bestehen aus Leder, Gummi, Spinnstoffen, neuerdings auch aus Plast mit Gewebeerstärkung. Daneben gibt es auch endlos gewebte Seidenriemen. Neben Flachriemen verwendet man in steigendem Maße Keilriemen (Riemen mit Trapezprofil), die einen kurzen Achsabstand der Riemenscheiben ermöglichen. Die Verbindung der beiden Riemenenden beim Riementrieb erfolgt durch Leimen oder Nähen (Nähen jedoch ungünstig wegen Querschnittsschwächung). Riemenverbinder (Spitzenklammern mit Kuppelungsstift für Flachriemen, Keilriemenschlösser für Keilriemen) ergeben eine lösbare Verbindung. Die **Riemenscheibe** besteht aus Grauguß oder Stahl, nur selten noch aus Holz. Die Lauffläche der getriebenen Scheibe (Abtriebsseite) ist bei Verwendung von Flachriemen schwach ballig ausgeführt, damit sich der Riemen in der Mitte der Scheibe hält. Keilriemenscheiben haben so viele Rillen am Umfang, wie man Riemen nebeneinander zu verwenden gedenkt. Die Kraftübertragung von der treibenden auf die getriebene Scheibe erfolgt durch Reibung (mit Schlupfverlust) zwischen Riemen und Scheibe. Der Riemen muß vorgespannt werden, sonst kann kein Drehmoment von der einen auf die andere Welle übertragen werden.

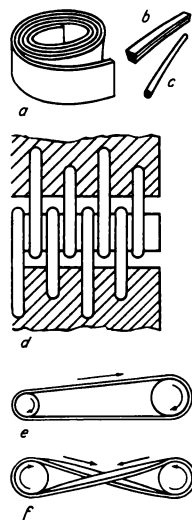
Die einfachste Art des R.s ist der **offene R.**, bei dem sich die beiden Riemenstränge nicht kreuzen; beide Riemenscheiben haben dabei gleiche Drehrichtung. Beim **gekreuzten R.** haben beide Scheiben entgegengesetzte Drehrichtung. Beim **Spannrollentrieb** wird die notwendige Vorspannung im Riemen durch eine Spannrolle erzeugt. Eine um die Achse der treibenden Scheibe schwenkbar gelagerte Spannrolle läuft unter Belastung auf dem gezogenen Trum und vergrößert den Winkel, mit dem der Riemen die Scheibe umschlingt (Umschlingungswinkel).

Lit. Bauer u. Schneider: Riemen-, Seil- und Kettentriebe, Reibradtriebe (Leipzig 1958).

Rieselbewässerung, → Berieselung.

Rieselfeld, eine zur planmäßigen Verrieselung von Abwasser hergerichtete Landfläche auf leichtem, wasserdurchlässigem Boden. Das zu reinigende Abwasser wird in Absetzbecken vorgeklärt und vom höchsten Punkte des R.es aus entweder durch offene, bis zu den einzelnen Feldstücken führende Zuleitungsgräben oder durch ein unterirdisches, mit verschließbaren Auslässen versehenes Rohrnetz verteilt. Bei der **Hangberieselung** müssen die Felder ein bestimmtes Oberflächengefälle haben. Bei der **Staubberieselung** (Geländegefälle kleiner als 2 ‰) wird ein etwa 1 ha großes Feld eingeebnet und überflutet und der Abfluß des Wassers durch Dämme verhindert. Die Feldstücke sind mit Dräns versehen, die das durch Boden und Pflanzenwuchs gereinigte Wasser sammeln und dem Vorflut zu leiten. Für städtisches Abwasser rechnet man auf je 250 Einwohner 1 ha Rieselwand, bei Rieselwiesen die drei- bis vierfache Einwohnerzahl.

Riesenstern, **Riese**, ein Stern großer Leuchtkraft. Nach der Leuchtkraft unterteilt man in normale Riesen, helle Riesen und Überriesen. Die R.e zeichnen sich durch große Durchmesser (10- bis 500facher Sonnendurchmesser) und



Riementrieb: a Flachriemen, b Keilriemen, c Rundriemen, d Riemenverbinder: Spitzenklammer mit Kuppelungsstift (lösbare Riemenverbindung), e offener Riementrieb, f gekreuzter Riementrieb

Riffelstahl

äußerst geringe Dichte (mittlere Dichte geringer als die Luftdichte am Erdboden) aus.

Riffelstahl, ein legierter Stahl (mit Wolfram, Chrom, Vanadin) für Werkzeuge, die zum Bearbeiten harter metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe dienen, z. B. zum Einarbeiten einer Riffelung in Hartgußwalzen, als Graviersichel oder Hinterdrehrwerkzeug.

Riffelung, die Gestaltung der Oberfläche-metallischer oder nichtmetallischer Erzeugnisse durch miteinander abwechselnde längliche Erhöhungen und Vertiefungen (halbrund, winklig oder flach). Die R. wird zur Festigkeitssteigerung, zur besseren Griffigkeit oder zur Erzielung einer dekorativen Wirkung angewendet, z. B. R. an Isolatorenstützen, Herstellung von Riffelblech als Abdeckblech.

Righeit, die elastische Widerstandsfähigkeit fester Körper gegen Formveränderungen. Die R. der Erde wächst mit der Tiefe schnell an; in der Nähe des Erdkerns ist sie mehr als zehnmal so groß wie an der Erdoberfläche.

Ring, ein grundlegender Begriff der modernen Algebra, → Körper.

Ringelerz, Kokardenerz, Gesteinsbruchstücke (Brekzien), die mit Erzen verkitet sind und oft konzentrisch schalige Verwachsungen aufweisen.

Ringflügelflugzeug, ein Luftfahrzeug mit einem ringförmigen Tragflügel, der meist um das Hintere des Rumpfes angeordnet ist und einen beiderseits offenen, vom Fahrtwind durchströmten Zylinder bildet. Er ist profiliert, liefert einen Auftrieb und bildet bei R.en mit Staustrahltriebwerk die Vorkammer. Das Staustrahlrohr kann nur für den Horizontalflug verwendet werden, Start und Landung erfolgen mit einer Strahl-turbine. Es gibt auch eine Form des R.s mit Luftschrauben, die in dem Ringflügel umlaufen und entweder von einer Propellerturbine oder von einem Kolbentriebwerk angetrieben werden. Der Treibstrahl wird in allen Fällen durch den Ringflügel so gebündelt und verstärkt, daß ein sehr großer Standschub entsteht und das Flugzeug senkrecht starten und landen kann (Heckstarter, → Senkrechtstart). Es ist auch ein schneller Horizontalflug möglich. Die Vorteile des R.s liegen in seiner im Vergleich zu konventionellen Starrflügelflugzeugen geringeren Baumasse und seinem geringeren Kraftstoffverbrauch. Aerodynamisch ist die Konstruktion ungünstig, und bei Start, Landung und beim Übergang zum Horizontalflug entstehen bedeutende Stabilitätsprobleme. R.e eignen sich deshalb nicht für zivile Zwecke.

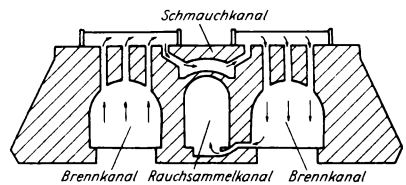
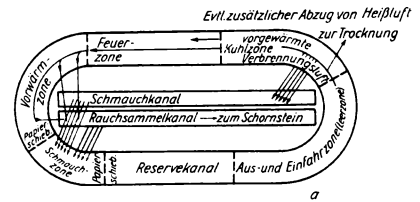
Das erste R. wurde von dem Konstrukteur Helmut von Zborowski unter der Bezeichnung **Koleopter** (Coleopter) entwickelt (von lat. coleoptera 'Käfer', da das R. wie ein Käfer senkrecht aufsteigen kann) und 1958 gebaut.

ringförmige Verbindungen, → Kohlenstoffverbindungen.

Ringmühle, svw. → Wälzmühle.

Ringofen, ein kontinuierlich arbeitender Brennofen mit wandernder Feuerzone und feststehendem Brenngut zum Brennen von Ziegelsteinen und anderen keramischen Massengütern, ferner von Kalk und Zement. Der R. hat einen geringen Brennstoffverbrauch. Er besteht aus einem in sich geschlossenen Brennkanal sowie Rauch-, Schmauch- und Hilfskanälen. Der Brennkanal wird durch Papierschieber, die der Regulierung der Luftbewegung im R. dienen, in Kammern (Brennzonen) eingeteilt; diese stehen durch Abzüge, die mit Ventilen versehen sind, mit dem Rauchkanal in Verbindung, der wiederum mit dem Schornstein verbunden ist. Jede Kammer besitzt seitlich am Brennraum Türen zum Aus- und Einfahren des Brenngutes; sie werden nach dem Setzen des Brenngutes zugemauert. Beim R. mit Streuföhrung befinden sich im Brennkanal-

gewölbe Heizschächte, durch die der Brennstoff eingeschüttet wird; er verbrennt auf der Ofensohle. Beim gasbeheizten R. (Gasingofen) wird durch Gasbrenner (Gaspfeifen), die sich hauptsächlich in der Brennkammersohle befinden, Brenngas eingeleitet und verbrannt. Die Feuerzone wandert nach Verstellen der Ventile selbstständig durch den Brennkanal weiter. Luft und Rauchgase ziehen in Richtung des Feuerfortschrittes. Die fertig gebrannte Ware kühlt sich ab und wärmt dabei die Verbrennungsluft vor; gleichzeitig werden die heißen Rauchgase in Richtung des Feuerfortschrittes durch den noch ungebrannten Einsatz gesaugt und wärmen ihn vor (Schmauchen). Die Papierschieber zerreißen beim Umschalten der Rauchgase auf die folgende Kammer oder verbrennen. Der R. wird in dem Maße beschickt, wie das Gut in den einzelnen Zonen fertiggebrannt und abgekühlt ist.



Ringofen: a Grundriß, b Querschnitt

Eine Abart des R.s ist der **Zickzackofen**, dessen Arbeitsweise der des R.s entspricht. Er unterscheidet sich lediglich dadurch, daß der Brennkanal durch Zwischenwände in steter Folge rechtwinklig abgelenkt ist, so daß gerade Brennkanalteile und Übergangsteile entstehen.

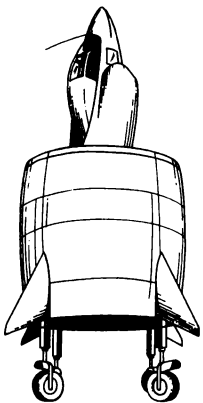
Ringstrom, → Strahlungsgürtel der Erde.

Ringwaage, ein Gerät zum Messen von kleinen Gasdrücken sowie in Verbindung mit Drosselgeräten (z. B. Venturidüse) zum Messen der Durchflussmengen von Gasen und Flüssigkeiten. Die R. besteht aus einem in seiner Mittelachse auf einer Schneide gelagerten Ringrohr, das zur Hälfte mit einer Sperrflüssigkeit, z. B. Quecksilber, gefüllt ist und unten ein Gegengewicht trägt. Der Raum oberhalb der Flüssigkeit ist durch eine Zwischenwand in zwei Kammern geteilt. Um z. B. den Druck in einer Gasleitung zu messen, wird die eine dieser Kammern mit der Gasleitung verbunden, während die andere Kammer unmittelbar mit der Atmosphäre in Verbindung steht. Bei der Wirkdruckmessung wird der Druck vor dem Drosselgerät auf die eine Kammer übertragen und der Druck nach dem Drosselgerät auf die andere Kammer. Dadurch verschieben sich die beiden Sperrflüssigkeitspiegel bei gleichzeitiger Drehung des Ringrohres mit dem Gegengewicht so lange, bis Kräftegleichgewicht herrscht. An einer Skala kann die Höhe des Druckes abgelesen werden. (Abb.)

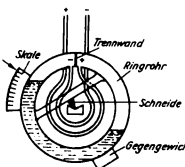
Ringwade, ein → Fischfanggerät.

Rinnmanns Grün, → Kobalt.

Rittersches Schnittverfahren, in der Statik ein rechnerisches Verfahren zur Berechnung der Stabkräfte in Fachwerken. Das Fachwerk wird so geschnitten, daß der Schnitt nur drei Stäbe trifft. Legt man den Momentenbezugspunkt in



Ringflügelflugzeug (Koleopter)



Schnitt durch eine Ringwaage

den Schnitt zweier dieser Stäbe, so läßt sich die dritte Stabkraft aus einer einzigen Momentengleichung berechnen, in die außer der unbekannten Stabkraft nur die bekannten Belastungskräfte eingehen. Bei parallelgurtigen Fachwerken muß die Diagonale mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingung $\Sigma V = 0$ berechnet werden. Die graphische Ermittlung der unbekannten Stabkräfte erfolgt mit der Methode des deutschen Statikers Culmann. Dabei wird durch die Einführung einer Hilfskraft H , deren Wirkungslinie (Culmannsche Gerade) den Schnittpunkt der Wirkungslinie der gegebenen Kraft und einer der unbekannten Kräfte mit dem Schnittpunkt der Wirkungslinie der beiden übrigen Kräfte verbindet, die Aufgabe reduziert auf zwei aufeinanderfolgende einfache Kräftezerlegungen mit Hilfe des Parallelogramms der Kräfte.

Ritzel, ein Zahnrad mit kleiner Zähnezahl, das ein größeres Zahnrad bewegt.

Rizin, ein im Muskel enthaltenes Protein.

Rizinöl, → Fette und fetten Öle.

Rkm, Kurz. für → Reißkilometer.

rm, Kurz. für → Raummeter.

Rn, Symbol für → Radon.

RNG, ein Funkfeuer, → Funkortung I 1).

Roadster, → Karosserie.

Robotron 300, ein → Digitalrechenautomat.

Rochellesalz, → Weinsäure.

Rockoon-Verfahren, → Ballon.

Rockwellhärte, abg. HRB bzw. HRC, Härte eines metallischen Werkstoffs, ermittelt nach dem Verfahren des Amerikaners Rockwell. Für weiche Metalle verwendet man eine gehärtete Stahlkugel mit etwa 1,59 mm Durchmesser (HRB), für harte (z. B. gehärtete Stähle) einen Diamantkegel mit einem Öffnungswinkel von 120° (HRC). Bei der Prüfung drückt man den Prüfkörper in das Werkstück (bei HRB mit 100 kp, bei HRC mit 150 kp). Davon werden 10 kp als Vorlast aufgebracht. Der Weg des Prüfkörpers beim Eindringen in das Werkstück wird von einer Meßuhr angezeigt. Sobald sich der Zeiger an der Meßuhr nicht mehr bewegt, wird auf die Vorlast zurückgeschaltet und die bleibende Eindringtiefe des Prüfkörpers abgelesen. Sie ist ein Maß für die R. (0,002 mm = 1 Rockwelleinheit e). Die R. erhält man, indem man e von einem Festwert abzieht; $130 - e = \text{HRB}$, $100 - e = \text{HRC}$ (TGL 9011).

Rodelader, eine traktorgezogene, angehängte oder aufgesattelte, zumeist mehrreihig arbeitende Zuckerrübenerntemaschine. Der R. rodet die zuvor vom → Köpflader geköpften Rüben, befreit sie weitgehend von der anhaftenden Erde und fördert sie auf einen nebenherfahrenden Wagen. Der Antrieb erfolgt von der Zapfwelle des Traktors. Die durch **Rodekörper** aus dem Boden gezogenen Rüben gelangen zunächst auf eine **Siebketten** und dann über eine **Kratzerförderkette** in eine Walzenreinigung, in der noch nicht abgesiebert und an den Rüben haftender Boden sowie Blattreste abgetrennt werden. Ein **Förderband** transportiert die Rüben auf den nebenher-

fahrenden Wagen. Eine seitlich am R. angebaute **Putzschleuder** säubert die vom Köpflader geköpften und noch im Boden steckenden Rüben von Blattresten.

Rodentizide, chemische Mittel zur Bekämpfung von Nagetieren, z. B. Ratten, Mäusen, Hamstern. Anorganische R. sind Zinkphosphid und Thalliumsalze. Zu den organischen R.n gehören z. B. Antu (α -Naphthylthioharnstoff), Castrix (2-Chlor-4-methyl-6-dimethylamino-pyrimidin), Cumachlor und Cumafuryl (Fumarin), Abkömmlinge des 4-Hydroxykumarins. Auch einige Insektizide, z. B. Parathion und Endrin, können als R. verwendet werden.

Roelen-Reaktion, svw. → Oxosynthese.

roentgen equivalent man, → Rem.

roentgen equivalent physical, → Rep.

Rogallo-Flügel, → Paragleiter.

Rohbau, 1) die Gesamtheit der für den konstruktiven Aufbau eines Gebäudes erforderlichen Arbeiten. Nach dem R. erfolgt der → Ausbau.

2) eine Bauweise, bei der das Ziegelmauerwerk der Außenwandflächen unverputzt bleibt; → Mauerwerk.

Roheisen, Eisen mit hohem Kohlenstoffgehalt, das im Hochofen oder Niederschachtofen erschmolzen wurde (→ Roheisenerzeugung). Es wird je nach Zusammensetzung als Ausgangsprodukt für die Herstellung von Gußeisen oder zur Stahlerzeugung verwendet. Infolge des Kohlenstoffgehaltes von mehr als 1,7 % läßt sich R. weder im kalten noch im warmen Zustand plastisch verformen.

Nach dem Aussehen der Bruchflächen unterscheidet man graues, weißes und meliertes R. Im **grauen R.** (Gießereiroheisen, Weiterverarbeitung zu Gußeisen) liegt der Kohlenstoff als Graphit vor, im **weißen R.** (Stahlisen) ist er als Zementit Fe_3C gebunden. **Meliertes R.** (mit grauen Flecken auf weißer Bruchfläche) findet sich häufig beim Thomasroheisen, einem R., das im Thomaskonverter zu Thomasstahl verblasen wird. Den weitaus größten Anteil an der Roheisenerzeugung der Welt macht das Stahlroheisen aus, das die Grundlage für den Siemens-Martin-Prozeß, in neuester Zeit auch für die Sauerstoffaufblasverfahren bildet. (Tab.)

Lit. → Roheisenerzeugung, → Eisen.

Roheisenerzeugung (Tafel 26), das Erschmelzen von → Roheisen aus Eisenerzen, Industrie-rückständen (Abfallprodukte, z. B. Schlacken, Aschen) oder Schrott in einem Schachtofen. Der Schachtofen (→ Hochofen oder → Niederschachtofen) wird von der Gicht her mit dem → Möller (Eisenerze und Zuschläge) und Koks beschickt. Durch die Windformen (wassergekühlte Kupferdüsen) wird in das Gestell des Ofens vorgewärmte Verbrennungsluft (Wind) eingeblasen. Mit deren Sauerstoff verbrennt der Kohlenstoff des Koks zunächst zu Kohlendioxid: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$. Das entstandene Kohlendioxid wird durch den glühenden Koks wieder zu Kohlenmonoxid CO zerlegt: $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2 \text{CO}$. Der Reaktionsablauf im Ofen erfolgt im Gegen-

Zusammensetzung von Roheisensorten (in %)

Roheisensorte	Kohlenstoff	Silizium	Mangan	Phosphor	Schwefel
Gießereiroheisen					
a) Hämatit (phosphorarm)	3,5...4,2	2,0...3,0	0,7...1,5	0,08...0,12	bis 0,04
b) mit mittlerem Phosphorgehalt	3,5...4,2	2,0...3,0	bis 1,0	bis 0,7	bis 0,04
c) mit hohem Phosphorgehalt	3,5...4,2	1,8...2,5	bis 0,8	1,4...2,0	bis 0,06
Stahlisen					
a) manganarm	3,0...4,0	bis 1,0	bis 2,0	bis 0,2	bis 0,05
b) manganreich	3,5...4,5	bis 1,0	2,0...8,0	bis 0,2	bis 0,04
Thomasroheisen	3,2...3,6	0,2...0,5	0,5...1,5	1,8...2,2	bis 0,06
Bessemerroheisen	3,5...4,0	1,0...2,5	0,5...2,0	bis 0,1	bis 0,03
Spiegeleisen	4,0...5,0	bis 1,0	6,0...30,0	bis 0,15	bis 0,04

strom, d. h., die von unten nach oben aufsteigenden Gase reagieren mit dem von oben nach unten absinkenden Beschickungsgut. Das aufgebundene Gut wird von den heißen Gasen zunächst getrocknet und gelangt dann in die Zonen der Austreibung von Hydratwasser und CO_2 aus den Karbonaten. Im Temperaturbereich von 400 bis 1000 °C liegt die Zone der indirekten Reduktion, die durch das Kohlenmonoxid des Ofengases erfolgt. Die wichtigsten Reaktionsgleichungen sind $3 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$, $2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + 2 \text{CO} \rightarrow 6 \text{FeO} + 2 \text{CO}_2$, $\text{FeO} + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$. Das Eisenmonoxid FeO ist indirekt nur schwer reduzierbar, da es sich sofort mit dem Siliziumdioxid SiO_2 der Schlacke verbindet. Es tritt deshalb in der Zone der indirekten Reduktion nur wenig metallisches Eisen (Schwammeisen) auf. Erst in der Zone der direkten Reduktion wird bei Temperaturen über 1000 °C der Hauptanteil des metallischen Eisens gebildet. Als Reduktionsmittel dient der Kohlenstoff des glühenden Kokses. Reaktionsgleichungen für diese Zone sind $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{C} \rightarrow 2 \text{Fe} + 3 \text{CO}$, $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4 \text{C} \rightarrow 3 \text{Fe} + 4 \text{CO}$, $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$. Eine scharfe Grenze zwischen den Zonen der indirekten und direkten Reduktion besteht nicht. Das Eisen nimmt Kohlenstoff auf, wodurch sich sein Schmelzpunkt erniedrigt, und wird durch die kalkreiche Schlacke entschwefelt. Das Roheisen sammelt sich im Gestell des Ofens, wo infolge seiner größeren Dichte die Trennung von der Schlacke stattfindet. Roheisen und Schlacke werden über entsprechende Öffnungen (Roheisenabstich und Schlackenform), die verschieden hoch liegen, in regelmäßigen Zeitabständen abgestochen. Die Abstichtemperatur des Roheisens beträgt 1250 bis 1500 °C. Das Roheisen fließt in Pfannen, in denen es zur Weiterverarbeitung ins Stahlwerk oder zur Masselgießmaschine (→ Massel) transportiert wird. Die → Schlacke läuft zur Granulierung difekt am Ofen in eine Wassergrube oder wird in Pfannen aufgefangen und zur Granulierung, zur Bimsanlage oder zu einem Gießbett für Stückschlacke gebracht.

Die zur R. eingesetzten Eisenerze werden in zunehmendem Maße aufbereitet und vorbereitet. Das erfolgt durch Brechen, Sieben, Aufmahlen, Rosten, Anreichern im Eisengehalt und Stückigmachen. Das Anreichern geschieht durch Schwertrübeaufbereitung, Magnetscheiden (vorher erforderlichenfalls durch magnetisierendes Rosten oder nach dem Krupp-Renn-Verfahren), durch Läuterung oder Flotation. Die gewonnenen feinkörnigen Konzentrate sowie Feinerze werden durch Sintern, Pelletisieren oder Brikettieren stückig gemacht, ehe sie in den Ofen eingesetzt werden.

Da Koks einen sehr teuren Einsatzstoff darstellt, werden verschiedene Maßnahmen zur Senkung des spezifischen Koksverbrauches vorgesehen: a) Verbesserung der indirekten Reduktion. Während die direkte Reduktion einen hohen Wärmeaufwand erfordert und unmittelbar Kohlenstoff verbraucht, erfolgt die indirekte Reduktion über Kohlenmonoxid bei Wärmegegewinn. Um den Verbrauch an metallurgischem Koks niedrig zu halten, betreibt man den Ofen so, daß man einen möglichst hohen Anteil an indirekter Reduktion erzielt (50 bis 60 % der Gesamtreaktion sind normal, bis zu 70 % wurden schon als Spitzenleistungen erreicht). b) Erhöhung der Heißwindtemperaturen (bis zu 1200 °C sind schon erreicht worden). c) Erhöhung des Eisengehalts im Möller (es werden heute bereits z. T. Werte um bzw. über 60 % erreicht). d) Zusatz von Sauerstoff zum Gebläsewind. e) Betrieb des Schachtofens mit erhöhtem Gasdruck an der Gicht. f) Einblasen von Zusatzbrennstoffen (Öl, Kohlenstaub, Starkgase) durch die Windformen oder durch speziell dafür vorgesehene Formen

in den Unterofen. g) Einsatz von 100 % selbstgängigem Sinter oder Pellets. Sie enthalten bereits die zur Bildung einer normal basischen Schlacke

$\left(\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} \approx 1 \right)$ notwendigen Zuschläge (Kalk). h) Schmelzen mit saurer Schlacke, d. h. mit vermindertem Basen-Säuren-Verhältnis $\left(\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} < 1 \right)$. i) Gute Klassierung der Einsatzstoffe.

Während der spezifische Koksverbrauch heute in der Welt normalerweise bei 550 bis 750 kg/t Roheisen liegt, konnte er mittels der genannten Maßnahmen bereits in Einzelfällen auf etwa 350 kg/t Roheisen gesenkt werden. Gleichzeitig wird durch jede Kokersparnis eine Leistungssteigerung bei der R. ermöglicht.

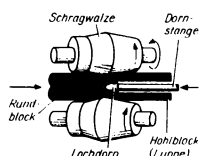
Lit. Küntschner: Vom Eisenerz zum Stahl (3. Aufl. Leipzig 1955); Ohmann: Einführung in die Metallkunde (Leipzig 1955); Pawlow: Metallurgie des Roheisens, 3 Bde und Atlas (dtisch 2. Aufl. Berlin 1953/54); Ztschr.: Metallurgie und Gießertechnik (Leipzig). Neue Hütte (Leipzig); → Hochofen, → Möller, → Metallurgie.

Rohgas, früher auch Produktionsgas genannt, nach TGL 190-379 ein Gas, das nicht oder nur in geringem Ausmaß von Verunreinigungen und Kohlewertstoffen befreit ist.

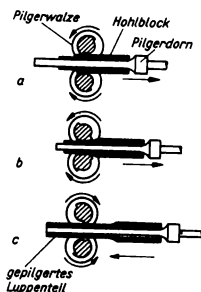
Rohr, ein länglicher, hohler Zylinder mit meist kreisförmigem Querschnitt und einer im Verhältnis zum Durchmesser geringen Wanddicke. Es dient zur Fortleitung von Flüssigkeiten und Gasen, seltener formlosen Feststoffen, auch als Konstruktionselement.

1) **Stahlrohre** werden entweder nahtlos aus einem massiven Stahlblock gewalzt oder aus kreisrund gebogenen Stahlblechstreifen zusammengeschweißt oder gegossen. Das wichtigste Verfahren zur Herstellung **nahtloser R.e** wurde 1866 von den Brüdern Mannesmann erfunden. Hierbei wird ein im Stoß- oder Drehherdofen erwärmter Rundknüppel in einem **Schrägwalzwerk** zwischen zwei schräg nebeneinanderliegenden, im gleichen Drehsinn umlaufenden konischen Walzen schraubenförmig in axialer Richtung bewegt (Abb. 1). Die Zugspannungen in der Halbzeugphase und der Walzdruck erzeugen ein Loch im Blockinneren, das durch einen auf einer Stange befestigten Lochdorn erweitert wird, wobei zugleich die Lochwände geglättet werden. Das entstehende kurze dicke R., als **Luppe** bezeichnet, wird in einem **Pilgerschrittwalzwerk** (Abb. 2) abschnittsweise unter Drehen über einen Dorn ausgewalzt, bis das fertige R. mit der gewünschten Wanddicke erreicht ist (Warmpilgern). Die Pilgerwalzen haben unterschiedliches Kaliber. Sobald das Kalibermaul, die Ansatzlinie des größeren Walzendurchmessers, die Luppe erfäßt, wird diese unter Strecken ausgewalzt und mit dem Dorn vorgeschoben, da das Walzgerüst feststeht. Dreht sich der kleinere Walzendurchmesser über die Luppe, so wird diese, unter Drehen um 90°, zusammen mit dem Dorn wieder zur Walze zurückgeführt, die dann den nächsten Abschnitt erfäßt und auswalzt. Nach einem anderen Verfahren wird die Rohrluppe auf einem **Stopfenwalzwerk**, d. h. über den stopfenförmigen Kopf einer Dornstange, zum R. ausgewalzt. Das ältere Schwedenwalzwerk besteht aus zwei Duo-Walzgerüsten mit kleiner werdenden Kalibern. Das Auswalzen erfolgt über mehrere verschiedene Kaliber in 5 bis 8 Stichen. Das moderne automatische Stopfwalzwerk ist ein Walzgerüst mit in der Höhe anstellbaren Walzen, in die mehrere gleiche Kaliber eingeschnitten sind. Das Auswalzen geschieht auf einem Kaliber in 2 Stichen; während des Rücklaufs wird der Stopfen von der Dornstange abgenommen.

Beim **Erhardt-Verfahren** wird ein auf etwa 1250 °C erwärmter vierkantiger Block auf einer hydraulischen Presse mit Hilfe eines zylindrischen



1 Schrägwalzverfahren



2 Pilgerschrittwalzwerk:
a und b Walzvorgang,
c Vorschub

Rohrleitung

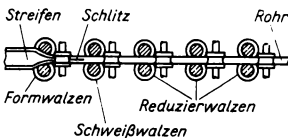
Stempels gelocht, wobei jedoch eine Bodenplatte stehenbleibt. Der entstandene Hohlblock wird entweder auf einer Stoßbank von einer Dornstange durch mehrere immer enger werdende Stoßringe gedrückt und dabei zum R. gestreckt oder ebenfalls auf einem Stopfenwalzwerk ausgewalzt.

R.e können auch durch → Strangpressen hergestellt werden. Ein erwärmter Rundblock wird auf einer mechanischen oder hydraulischen Strangpresse in eine zylindrische Form eingesetzt, die unten durch eine Matrize abgeschlossen ist. Beim Preßvorgang wird der Block zunächst mit einem Lochstempel vorgelocht und dann durch den zwischen Matrize und Lochstempel gebildeten Ringspalt mit einem Preßstempel in einem Hub zum R. gepreßt. (Abb. 3)

Mittels der genannten Verfahren sind nur R.e mit größeren Durchmessern herstellbar. Rohre mit einem Außendurchmesser unter 76 mm werden aus erwärmten, im Außendurchmesser größeren R.en auf dem *Reduzierwalzwerk* gewalzt. Es besteht aus etwa 20 hintereinanderstehenden Walzgerüsten mit je 2 rundkalibrierten Walzen, wobei das Kaliber von Gerüst zu Gerüst bis auf den gewünschten Enddurchmesser abnimmt. Jedes zweite Gerüst ist außerdem gegen das vorhergehende versetzt. Dünnwandige R.e werden auch durch Kaltziehen oder Warmziehen (Kratzen) aus dickeren hergestellt. Hierzu wird ein angespitztes Ende des R.es in Klemmbacken (Zange) eines Ziehewagens gespannt. Dieser zieht das R. in mehreren Arbeitsgängen durch kleiner werdende Ziehringe, in deren Öffnung gleichzeitig ein Stopfen oder eine Dornstange gehalten wird.

Präzisionsrohre kleinen Durchmessers werden durch Kaltziehen hergestellt, wobei man für Profilrohre (Oval-, Vierkantrohre u.a.) entsprechende Ziehwerkzeuge verwendet. Eine Verringerung der Wanddicke und des Außendurchmessers läßt sich auch durch Kaltpilgern erreichen. Dies geschieht ähnlich wie beim Warmpilgern schrittweise durch hin- und hergehende Bewegung eines Walzgerüsts mit Walzen konischen Kalibers über einen konischen Dorn.

Geschweißte R.e. Beim Stumpfpfeßschweißen (Fretz-Moon-Verfahren, Abb. 4) durchläuft ein endloses Stahlband zunächst einen Ofen. Es wird dann von mehreren hintereinander angeordneten Walzenpaaren mit Rundkalibern zum R. gebogen und an seinen Kanten durch Feuerpfeßschweißung verbunden. Ähnlich werden die Kanten eines zum Schlitzrohr geformten Bandes beim Induktionsschweißen kontinuierlich induktiv erwärmt, beim automatischen Widerstandsstumpfschweißen durch elektrische Widerstandserwärmung auf Schweißtemperatur gebracht und dann durch Druck verschweißt. R.e mit großem Durchmesser verbindet man meist durch autogenes oder Lichtbogenschweißen (UP-Schweißen).



4 Stumpfpfeßschweißen (Fretz-Moon-Verfahren)

2) **Gußeisenrohre** und **Gußstahlrohre** werden meist durch → Schleuderguß oder durch Gießen in Formen mit einem Kern hergestellt. **Kupferrohre** und **Messingrohre** werden wie nahtlose Stahlrohre hergestellt, **Bleirohre** durch Strangpressen.

3) **Betonrohre** und **Stahlbetonrohre** können durch Schleuderguß, Schwerkraftguß, Stampfen oder Rütteln hergestellt werden. **Spannbetonrohre** werden mit 800 bis 1200 mm Durchmesser geliefert. Im allgemeinen werden zunächst stehend durch Rütteln 3 m lange Kernrohre mit einer

Spannlatten-Grundbewehrung angefertigt und nach einer Dampf- und Wasserbehandlung mit einer Spanndrahtspirale umwickelt. Um diese vor Korrosion zu schützen, wird dann noch eine Spritzbetonschicht aufgebracht. Neuerdings stellt man Spannbetonrohre auch liegend als Halbschalen oder durch Schleuderguß her. Eine Sonderform sind **Asbestbetonrohre**, die mit 80 bis 300 mm Durchmesser gefertigt werden und wesentlich leichter als normale Betonrohre sind. Im Holländer mit Asbestfasern gemischter Zement wird zu einem Band ausgewalzt und in mehreren Schichten auf eine Rohrforn aufgewickelt; die Naht wird von Hand geschlossen. Das fertige R. wird dann kalandriert und nach dem Ausziehen der Form in ein Wasserbad gelegt.

4) **Plastrohre** werden im allgemeinen durch Strangpressen hergestellt, mitunter auch durch Rundbiegen von Platten und Verschweißen oder im Wickelverfahren (z. B. Hartpapierrohre) mit nachfolgendem Verpressen.

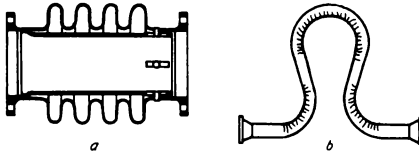
5) Andere Werkstoffe für R.e sind → Steinzeug und → Glas.

Weiteres über R.e, z. B. über Verwendung, Nennweiten u. a., → Rohrleitung.

Lit. Ginsburg u. Schik: Das Biegen von R.en bei der Montage (dtsh Leipzig 1953); Landichow: Herstellung von R.en, Stangen und Profilen aus NE-Metallen (dtsh Leipzig 1954); Stradtman: Stahlrohr-Handb. (6. Aufl. Essen 1956); → Rohrleitung.

Rohrdehner, Bauteil einer Rohrleitung, in dem sich die Längenänderungen der Rohrleitung infolge hoher Temperaturen des durchströmenden Mediums oder durch die Eigenmasse des Rohres bei senkrechter Leitung frei auswirken können (aufgelöste Rohrleitungen). Dadurch wird die zusätzliche Beanspruchung durch achsparallele Kräfte von den Rohrwandungen ferngehalten.

Man unterscheidet verschiedene Ausführungen von R.n. **Wellrohrdehner** für gerade, geschlossene Niederdruckleitungen mit geringen Längsdehnungen werden bis zu einem Nenndruck von 6 bar und einer Nennweite von 3000 mm verwendet; sie können je Welle etwa ± 15 mm ausgleichen. **Rohrbogendehner** (Ausgleichsbogen, **Lyrbogen**) für Hoch- und Mitteldruckleitungen mit einer Nennweite bis etwa 1200 mm bedingen



Rohrdehner: a Wellrohrdehner, b Rohrbogendehner

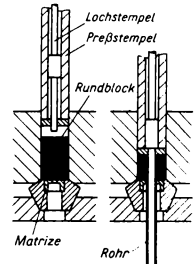
zusätzliche Strömungsverluste. **Stopfbuchendehner** sind Ausgleichsvorrichtungen, bei denen die Rohrleitung in einer Stopfbuchendichtung gleiten kann. Sie dienen zum Ausgleich größerer temperaturbedingter Längenänderungen und Längendifferenzen durch Montageungenauigkeiten bis zu ± 500 mm. Sie sind in TGL 11067 für Drücke von 10 bis 40 bar standardisiert. **Metallschläuche** werden für Betriebsdrücke bis 80 bar und Temperaturen bis 500 °C verwendet.

Röhrenkennwerte, → Elektronenröhre.

Röhrenofen, → Kontaktofen.

Röhrenvoltmeter, → elektronischer Spannungsmesser.

Rohrleitung, eine aus einzelnen miteinander verbundenen → Rohren bestehende Leitung zum Transport gasförmiger, flüssiger, fester oder gemischter Medien (z. B. → Pipeline). Die R. stellt das verbindende Glied zwischen verschiedenen Anlagen oder zwischen Erzeuger und Verbraucher dar. Als **Rohrquerschnitte** werden aus Gründen der einfachen Herstellung Kreisflächen benutzt



3 Strangpressen

und bis etwa 5000 mm Durchmesser ausgeführt. **Rohrwerkstoffe** sind Stahl, Stahlblech, Gußeisen, Kupfer, Messing, Blei, Aluminium, Glas, Keramik, Beton, für flexible Rohre Gummi und Plast. Stahlrohre sind besonders für Leitungen mit hohem Druck und hoher Temperatur in Dampfkraftanlagen, in der chemischen Industrie und in der Gaserzeugung, für Gasfernleitungen, Wasserleitungen und alle anderen Verwendungszwecke geeignet. Sie haben hohe Festigkeitseigenschaften. Gußeisenrohre werden hauptsächlich als Wasser- und Gasleitungen mit Muffen- oder Flanschverbindungen verwendet und 0,8 bis 1,8 m tief in die Erde verlegt. Zum Schutz gegen Korrosion werden sie mit Asphalt oder Bitumen gestrichen. Betonrohre mit → Nennweiten von 150 bis 2000 mm für niedere Drücke, Stahlbetonrohre für Leitungen mit Drücken bis 8 bar und Asbestbetonrohre bis 15 bar werden vorwiegend für die Wasserversorgung und die Kanalisation verwendet und in der Erde verlegt. Nichteisenmetallrohre haben hohe Festigkeit und sind sehr korrosionsbeständig, sie werden in der chemischen Industrie verwendet. Plastrohre werden für Wasserleitungen und als Fallrohre für aggressive Medien benutzt. Die **Wanddicke** der R. muß in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser und vom → Betriebsdruck bzw. Nenndruck berechnet werden.

Die **Fördergeschwindigkeit** in der R. muß dem Förderstoff angepaßt sein. Sie beträgt für Heißdampf 40 bis 70 m/s, Satteldampf 20 bis 30 m/s, Abdampf 15 bis 25 m/s, Luft 15 bis 40 m/s. Für Wasserleitungen beträgt die Geschwindigkeit mit Rücksicht auf kleine Druckverluste 1 bis 5 m/s, für Druckwasserleitungen 15 bis 20 m/s, für Schmierölleitungen 0,5 bis 1 m/s je nach Größe der Zähigkeit.

Die einzelnen Rohre werden mit festen Verbindungen (Schweiß-, Niet-, Stemm- und Klebverbindungen) oder lösbaren Verbindungen (Flanschverbindungen, Rohrverschraubungen, Muffen- und Schnellverbindungen) zu R.en verbunden. In den R.en sind zum Ausgleich der Dehnung infolge Temperaturdifferenzen → Rohrdelner einzubauen, zur Sicherung und Überwachung der Rohrleitung Armaturen, z. B. → Absperrorgane, Sicherheitsorgane (Sicherheitsventile, Schnellabschlußventile, Rückschlagventile und -klappen, Be- und Entlüftungsventile, Abscheider für Verunreinigungen und Flüssigkeiten in Gasleitungen), Kontrollorgane (Druck- und Temperaturmeßgeräte, um die R. vor zu hohen Drücken und Temperaturen zu schützen), Steuer- und Regelinrichtungen. Bei Richtungsänderung der R. werden zur verlustarmen Umlenkung der Strömung Krümmer, zur Trennung oder Vereinigung von Rohren → Formstücke (Abzweigsstücke) und zur Überbrückung von Querschnittsänderungen Übergangsstücke eingebaut.

Zur Verringerung der Wärmeverluste bei R., die heiße Medien transportieren, oder zur Verhinderung des Wärmeeinbruchs für R., die unterkühlte Medien transportieren, werden die Rohre mit Dämmstoffen umkleidet. Die meisten Dämmstoffe schließen in ihren feinverteilten Poren trockene Luft ein, die ein schlechter Wärmeleiter ist. Verwendet werden Mineralfasern als Matten-, Schalen- oder Stopfdämmung, plastische Wärmedämmstoffe (Kieselgur, Magnesia, Gichtstaub), Kork (vorwiegend zur Kälteämmung) und Kunstharzschaumstoffe, z. B. Piatherm.

R.en werden auf festen und federnden Unterstützungen, die die Längenänderungen der Leitungen zulassen müssen, gelagert oder aufgehängt. Solche Unterstützungen sind Konsole, Tragwerke, Stützen sowie Rohrbrücken. R. mit kleinen Nennweiten werden häufig mit Rohr-schellen befestigt. R. werden stets mit einer Neigung von mindestens 1 : 1000 verlegt.

In einem **Rohrschaltplan** müssen Betriebsdruck, Betriebstemperatur, Durchsatzstrom, Nennweite und alle Armaturen und Meßstellen angegeben sein.

Die Kennzeichnung der R. in der chemischen Industrie, in Laboratorien, Gebäuden und Heizungsanlagen erfolgt entsprechend dem Durchflußstoff nach TGL 147-6 durch farbige Schilder mit spitzem Ende, die die Bezeichnung des Durchflußstoffes und die Durchflußrichtung angeben.

Durchflußstoff	Farbe des Schildes
feste Stoffe	weiß
gasförmige Stoffe	gelb
flüssige Stoffe	grün
Dampf (Wasserdampf)	rot

Bei gesundheitsgefährdenden Stoffen sind zusätzliche Warnschilder anzubringen. Zum Teil sind R.en noch nach TGL 0-2403 durch Schilder entsprechend der Stoffgattung mit einer Gruppenfarbe sowie Kennzahl bzw. Wort, Formel oder Kurzzeichen gekennzeichnet. Die Kennzeichnung mit Zahlen kann TGL 0-2403 entnommen werden.

Gruppenfarbe	Durchflußstoff	Gruppennummer
grün	Wasser	1
rot	Dampf	2
blau	Luft	3
gelb	brennbare Gase einschließlich verflüssigter Gase	4
gelb	nichtbrennbare Gase einschließlich verflüssigter Gase	5
orange	Säuren	6
violett	Laugen	7
braun	brennbare Flüssigkeiten	8
braun	nichtbrennbare Flüssigkeiten	9
grau	Vakuum	0

Lit. Lettow: Schiffbauliche R.en (Berlin 1956); Pietsch, Ullmann, Schmidt: R.en und Rohrleitungsarmaturen (Leipzig 1964); Schwedler u. Jürgenson: Handb. der R.en (4. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955); Wierz: Berechnungstabellen für Rohrnetze (Berlin 1957); Handb. für den Rohrleitungsbau (2. Aufl. Berlin 1967); Küchenmeister: Aufgabensammlung für Rohrschlosser (Berlin 1967); → Rohr.

Rohrmühle, → Trommelmühle.

Rohrpost, eine Druckluftförderanlage zum Transport von Schriftstücken, Proben, Ersatzteilen u. dgl. in Rohrleitungen. R.-Anlagen werden in Industrie-, Labor-, Lagergebäuden, Krankenhäusern, Büros u. a. angewendet. Das zu befördernde Material wird (außer bei Zettelrohrpostanlagen, s. u.) in Behälter gebracht (**Rohrpostbüchsen**), die Filz, Leder o. a. als Laufflächen besitzen. Sehr große Rohrpostbüchsen sind mit Laufrädern versehen. Das Einbringen der Büchsen in das Rohrleitungsnetz erfolgt über Sender. In den Rohrleitungen oder **Fahrrohren** erfolgt der Transport der Rohrpostbüchsen mittels bewegter Luft, die die Büchse durch das Fahrrohr treibt. Die Luftströmung kommt zustande durch Ansaugen am Ende (Saugluft) oder Drücken am Anfang eines Fahrrohres (Druckluft). Am Empfänger wird die Büchse aus einer Kammer entnommen oder selbsttätig ausgeschleust. Fahrrohr und Büchsen haben meist runde, selten ovale und rechteckige Querschnitte; der Durchmesser der Fahrrohre beträgt z. B. 55, 75, 100 oder 124 mm. Die Saugluft bzw. Druckluft wird durch Schleuderrad-, Drehkolben- bzw. Drehschiebergebläse erzeugt, die je nach Büchsenfolge im Dauer- oder Zeitbetrieb arbeiten. Zur Luftführung in den Anlagen sind Klappen, Schleusen, Ventile usw. erforderlich. Zur Erreichung der Zielstation werden Zielsteuereinrichtungen angewendet, die der Absender betätigt (Tasten), oder es sind mechanische, elektrische oder magnetische Kennzeichen vorgesehen, die an der Büchse durch

Zielringe eingestellt und mitgegeben bzw. in Wählern u. dgl. gespeichert werden. Den Büchsenlauf zur Zielstation bestimmen Relaisanordnungen, fernbetätigte Weichen, Fahrrohrkontakte, Abtastvorrichtungen bei stehender oder fahrender Büchse, Abstandhalter, Bremsen usw. Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man Klein-, Haus-, Stadt-, Fern- und Chargenrohrpostanlagen. Die Stationsentfernungen betragen 70 m, 500 m oder 3 km je nach Förderdruck, Größe des Fahrrohrquerschnittes und Ausschleusung bei 500 bis 20000 mm WS. Die Büchsen- geschwindigkeiten betragen im allgemeinen 5 bis 12 m/s, in Sonderanlagen bis 40 m/s.

Bei der büchsenlosen **Zettelrohrpost** fährt ein Zettel vom Format 60 · 140 mm direkt in einem Flachfahrrohr der Abmessung 10 · 70 mm. Der Zettel ist ein Drittel der Länge umgefaltet und füllt so den Fahrrohrquerschnitt nahezu aus, so daß die bewegte Förderluft im Fahrrohr den Zettel mitnimmt. Zettelrohrpostanlagen werden verwendet in Fernsprechämtern, Büchereien und Krankenhäusern. Statt des Zettels kann auch eine Tasche befördert werden.

Rohrschneider, ein zum Trennen von Metallrohren verwendetes Handwerkzeug. Es enthält ein Schneidrad und Führungsräder oder drei Schneidräder (3-Rad-Rohrschneider) und wird um das Rohr mehrfach herumgeführt.

Rohrturbine, eine → Wasserturbine.

Rohrzucker, swv. → Saccharose.

Rohseide, nicht entbastete → Naturseide.

Rollbahn, → Flughafen.

Rollbiegen, ein Verfahren des Blechumformens (→ Umformen) zur Herstellung eingerollter Enden an Blechstreifen, z. B. Scharnierösen. (Abb.)

Rollbock, **Rollschemel**, ein kleiner zweischiger Plattformwagen zum Befördern von Normalspur-Eisenbahnwagen auf Gleisen kleinerer Spurweite oder von Schmalspurwagen auf Normalspurstrecken. Auf dem R. wird jeweils eine Achse des zu transportierenden Wagens der anderen Spurweite gelagert. Dem gleichen Zweck wie der R. dient das **Rollfahrzeug**, das meist vierachsiger und mit Schienen versehen ist, auf die der Wagen geschoben wird.

Rolle, 1) Maschinenbau: ein Maschinenelement. Die R. ist ein kleines Rad oder eine kleine Walze, oft mit Rillen für darüberlaufende Taus oder Fäden; sie wird z. B. in Wälzlagern gebraucht.

2) Bergbau: swv. → Rolloch.

Rollen, swv. → Schlingern.

Rollenbahn, ein Fördermittel zum stetigen Transport von Stückgütern, z. B. Kisten, Kartons. Die R. besteht aus einem Rahmen, in dem in gleichmäßigem Abstand Stahl- oder Kunststoffrollen in der Breite der R. gelagert sind. Die Länge der Fördergüter muß mindestens zweimal so groß sein wie der Rollenabstand. Die Rollenbahnen werden mit einer Neigung von etwa 4 bis 7° aufgestellt, die Förderung erfolgt durch Schwerkraft. Rollenbahnen dienen der Mechanisierung des innerbetrieblichen Transports. Es können ganze Fördersysteme mit Weichen, Drehscheiben usw. zusammengestellt werden. Nachteilig ist, daß man bei der Schwerkraftförderung stets an Höhe verliert, daher werden bei ansteigender Streckenführung bei R. en leichte → Rollgänge zwischengeschaltet. (Abb.)

Für sehr leichte Fördergüter eignen sich **Scheibenrollenbahnen**. Bei ihnen sind an Stelle der Rollen Scheibenrollen vorhanden, die jeweils zu mehreren auf einer Achse oder Welle über die ganze Breite der Scheibenrollenbahn in gleichem Abstand angeordnet sind.

Rollenboden, → Bühnentechnik.

Rollengetriebe, **Zugorgangetriebe**, ein Getriebe, in dem ein Zugorgan (Riemen, Seil, Kette) mit einer Rolle oder Scheibe so in Verbindung steht,

daß es sich bei der Drehung der Rolle auf- und abwickelt. R. werden wie die Rädergetriebe vorwiegend zur Drehzahländerung benutzt, und zwar besonders da, wo die Drehachsen weit voneinander entfernt liegen.

Rollgang, ein Fördermittel, eine → Rollenbahn mit Antrieb. Man unterscheidet leichte und schwere Rollgänge. Bei den **leichten Rollgängen** wird auf der steigenden Strecke eine Rollenbahn je nach Belastung jede oder auch nur jede zweite oder dritte Rolle oder Welle mit Scheibenrollen über eine Kette von einem Antrieb (Elektromotor und Untersetzungsgetriebe) in Bewegung versetzt. Leichte Rollgänge werden bei Rollenbahnen für den innerbetrieblichen Transport zwischengeschaltet. Bei **schweren Rollgängen** weist jede Rolle Einzelantrieb auf. Die einzelnen Rollen haben ferner wesentlich größere Durchmesser als bei den Rollgängen für den innerbetrieblichen Transport. Schwere Rollgänge werden in Walzstraßen (Walzwerk) eingesetzt.

Rollieren, ein spanendes Feinbearbeitungsverfahren. Es ähnelt im Prinzip dem Außenrundschleifen und wird vor allem in der Uhrenindustrie für die Bearbeitung kleiner zylindrischer Werkstücke bis zu einem Durchmesser von etwa 10 mm angewendet. Als Werkzeug dient eine Rollierscheibe aus gehärtetem Stahl, Hartmetall oder Schneidkeramik. Die Umfangsflächen der Rollierscheibe werden durch Einschleifen mittels Diamantscheibe mit feinen Rillen versehen.

Rolloch, **Rolle**, im Bergbau ein schräg, seltener senkrecht, meist rund in 1,5 m Durchmesser aufgefahres Loch, durch das von einem Fördermittel (z. B. Schrapper) eingegebene Haufwerk unter der Wirkung seiner Schwerkraft hinabrollt. Rolllöcher werden vor allem zur Verbindung von Teilsohlen mit einer Förderstrecke aufgefahren (**Rollochstrecke**). Es gibt auch Rolllöcher zum Einbringen von Bergeversatz (**Bergerolle**).

Rolltreppe, **Fahrtreppe**, **laufende Treppe**, ein Fördermittel zum stetigen Transport von Menschen über eine geneigte Strecke. R.n werden an wichtigen Verkehrsplätzen (Bahnhöfe, Warenhäuser u. a.) zum Transport von einem Stockwerk zum anderen eingesetzt. Sie sind Kettenförderer und bestehen aus kleinen Wagen in Form von Stufen, die an einer oder zwei, oben und unten über Umlenkscheiben (Turas) geleiteten Rollenketten befestigt sind und rechts und links auf Führungen laufen. Am Förderanfangs- und -endpunkt sind die Umlenkscheiben unter der Trittebene angeordnet. Zum Betreten und Verlassen sind die R.n eine kurze Strecke so geführt, daß mehrere Stufen eine horizontale Trittebene bilden. R.n werden elektrisch angetrieben, die Steigung beträgt meist 30 oder 50° bei einer Fahrgeschwindigkeit von 0,5 bis 1 m/s. R.n laufen entweder ständig, oder sie lassen sich mit Druckknopf einschalten. In Industriegebäuden werden sie oft automatisch durch Uhren, auf Bahnhöfen vielfach durch Fußtrittschalter oder durch elektrisch arbeitende → Lichtschranken eingeschaltet.

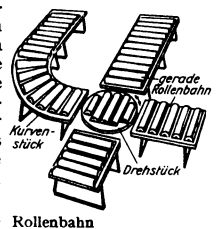
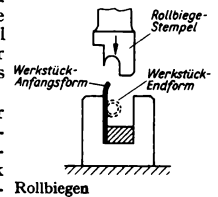
römische Zahlzeichen, → Ziffer.

Ronde, eine runde → Platine.

Röntgen, Kurzz. R, oft auch noch r, nach dem deutschen Physiker W. C. Röntgen benannte, nicht gesetzliche Einheit der Ionendosis einer ionisierenden Strahlung. Das R. ist die Ionendosis einer ionisierenden Strahlung, die in der Masse von 1 kg Luft Ionenpaare mit einer Gesamtladung von $2,58 \cdot 10^{-4}$ Coulomb unmittelbar oder mittelbar erzeugt; das entspricht $2,083 \cdot 10^9$ Ionenpaaren/Kubikzentimeter in Luft bei 0°C und 760 Torr. $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$. **Milliröntgen**, Kurzz. mR, = 10^{-3} R .

Röntgenaufnahme, → Röntgendiagnostik.

Röntgenbild, → Röntgendiagnostik.



Röntgenbild-verstärker

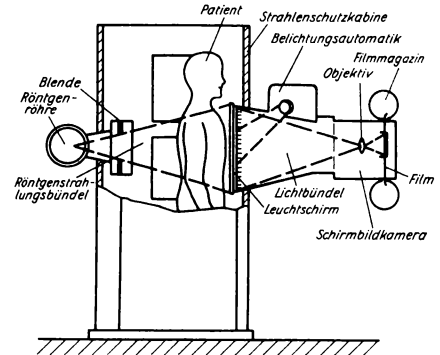
Röntgenbildverstärker, ein Gerät zur Helligkeitsverstärkung von lichtschwachen Leuchtschirmbildern (\rightarrow Bildwandler). Man unterscheidet elektronenoptische R., elektronenoptische Lichtbildverstärker und Festkörperbildverstärker. Der am meisten verwendete **elektronenoptische R.** besteht aus einem Vakuumrohr, in dem sich der Eingangsschirm (Röntgenleuchtschirm und Photokatode), eine Elektronenoptik zur Fokussierung und Beschleunigung der aus der Photokatode austretenden Elektronen und ein Sekundärleuchtschirm befinden. Die Helligkeitsverstärkung eines elektronenoptischen R.s beträgt das 3000- bis 8000fache eines Leuchtschirms. Das Röntgenverstärkerbild kann mit einer optischen Betrachtungseinrichtung beobachtet, mit Hilfe des Röntgenfernsehens übertragen oder mit einer speziellen photographischen Kamera aufgenommen werden. Durch die Verwendung des R.s kann man die Strahlenbelastung des Patienten verringern und die Untersuchungen ohne Dunkeladaptation durchführen.

Röntgendiagnostik, die Anwendung von \rightarrow Röntgenstrahlung zur Darstellung des Aufbaues und der Struktur des menschlichen Körperinneren. Die R. beruht auf der Ausnutzung der unterschiedlichen Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlung in Medien mit unterschiedlicher Dichte und atomarem Aufbau. Zum Beispiel schwächen Knochen die Röntgenstrahlung infolge ihres Gehaltes an Kalzium wesentlich mehr als Fett- und Muskelgewebe. Teile des Körpers, die gleiche Strahlenabsorptionseigenschaften besitzen, lassen sich nicht getrennt darstellen. Sie können unter Umständen mit \rightarrow Röntgenkontrastmitteln, die eine vom umgebenden Medium stark abweichende Ordnungszahl oder Dichte besitzen, angefüllt und damit sichtbar gemacht werden (**Kontrastdarstellung**). Der R. besonders zugänglich sind das Knochensystem, Lunge und Herz, bei Verwendung von Kontrastmitteln der Magen-Darm-Kanal, die Gallenblase, die Harnwege, Blut- und Lymphgefäße sowie Hirnkammern und der Rückenmarkskanal. Die aus dem Patienten bei der R. austretende und gemäß seinem Körperbau unterschiedlich geschwächte Strahlung bezeichnet man als **Röntgenbild**, es ist geometrisch und physikalisch ein Summationsbild in Zentralprojektion. Zur Bilderzeugung trägt nur die vom Fokus der \rightarrow Röntgenröhre ausgehende Strahlung bei; gestreute Strahlung wirkt bildverschlechternd und muß mit Streustrahlenrastern unterdrückt werden. Die Detailerkennbarkeit im Röntgenbild hängt von Detail-schärfe und Kontrast ab. Für gute Detailerkennbarkeit sind kurze Belichtungszeiten und eine sinnvolle Wahl der Strahlungshärte (Röhrenspannung) erforderlich; die übliche Röhrenspannung beträgt 50 bis 150 kV (Kilovolt). Mit höherer Spannung wird der Kontrast geringer. Bei relativ hoher Röhrenspannung und kleinem Röhrenstrom-Zeit-Produkt (mAs) spricht man von **Hartstrahltechnik**.

Die grundsätzlichen Möglichkeiten der R. sind die Röntgendurchleuchtung und die Röntgenaufnahme. 1) Die **Röntgendurchleuchtung** ist eine Durchstrahlung des Patienten mit anschließender Umwandlung der Strahlungsquanten in Lichtquanten durch die Fluoreszenzschicht (Zink-Kadmiumsulfid) eines **Leuchtschirms**. Weniger absorbierende Körperteile treten hell hervor (Aufhellung). Die Gesamthelligkeit des Leuchtschirms ist so gering, daß die Detailerkennbarkeit durch das menschliche Auge selbst bei Dunkeladaptation sehr gering ist. Hellere Bilder mit größerer Detailerkennbarkeit liefert ein \rightarrow Röntgenbildverstärker.

2) Bei der **Röntgenaufnahme** wird das Röntgenbild in den Photoschichten eines Röntgenfilmes in ein sichtbares Bild umgewandelt. Hierbei ver-

wendet man zur besseren Ausnutzung der Röntgenstrahlung Verstärkerfolien, deren Lumineszenzlicht ebenfalls zur Belichtung des Filmes beiträgt (Röntgendosiseinsparung). Stark absorbierende Körperteile treten hell hervor (Verschattung). Eine Photographie des Leuchtschirmbildes mit einer Spezialkamera wird als **Röntgenschirmbildaufnahme** bezeichnet (Abb.).



Röntgenschirmbildeinrichtung

Bei Verwendung eines kleinen Filmformates ist das Verfahren sehr wirtschaftlich und eignet sich für Röntgenreihenuntersuchungen, z. B. Tuberkuloseuntersuchungen. Ein Nachteil der Röntgenaufnahme besteht darin, daß sie lediglich ein Augenblicksbild ohne Erfassung dynamischer Organfunktionen liefert. Das wird vermieden durch Röntgenkinematographie, -seriographie und -kymographie.

a) Die **Röntgenkinematographie** ist eine photographische Aufnahme des Leuchtschirm- oder Bildverstärkerbildes durch eine 16-mm- oder 35-mm-Filmkamera mit einer Frequenz von 16 bis 80 Bildern s^{-1} . b) Die **Röntgenseriographie** ist eine Aufnahme des Röntgenbildes durch schnellen Wechsel (bis zu $12 s^{-1}$) von großformatigen Röntgenfilmen in Röntgenfilm- oder Kassettenechtern. c) Die **Röntgenkymographie** ist eine Aufnahme des Röntgenbildes durch zeitlich gestaffelte Exposition des Röntgenfilmes infolge einer Bleibechparallelblende, die vor dem Film während der Aufnahme um eine Restbreite bewegt wird. (Verwendung bei Bestimmung der Herzkontur bzw. -größe). Ein weiterer Nachteil der Röntgenaufnahme, infolge der Summationsabbildung keine Tiefenlokalisation eines interessierenden Objektdetails zu ermöglichen, kann durch die **Röntgenschnittaufnahme** (oft kurz Schichtung genannt) umgangen werden. Dabei sind Röhre und Film gemeinsam an einem Pendelarm befestigt und werden um eine in Körperhöhe liegende Drehachse geschwenkt. Es wird nur die in Höhe der Drehachse liegende Körperschicht auf dem Röntgenfilm scharf abgebildet. Bei Verwendung mehrerer in einer Kassette übereinanderliegender Röntgenfilme können bei einem Vorgang mehrere Schichten (je Film eine) zugleich abgebildet werden (Simultanschichtverfahren).

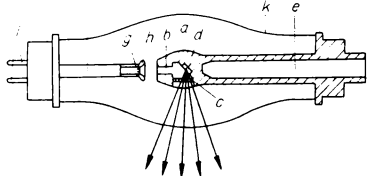
Röntgendurchleuchtung, \rightarrow Röntgendiagnostik.

Röntgenkontrastmittel, **Kontrastmittel**, Stoffe, die bei sehr geringer Toxizität Röntgenstrahlung deutlich schwächer (**negative R.**) oder stärker (**positive R.**) absorbieren als die organische Körpersubstanz. Negative R. sind z. B. Stickstoff, Krypton und Luft, positive R. enthalten vorwiegend Verbindungen mit schweren Elementen, vor allem Bariumsulfat für den Verdauungstrakt und jodhaltige organische Verbindungen zur Gallen- und Nierendarstellung.

Röntgenmikroskop, ein Mikroskop, das an Stelle von sichtbarem Licht mit Röntgenstrahlen arbeitet. Die Strahlführung und die Abbildung von im Röntgengebiet selbstleuchtenden Objekten geschieht mittels Röntgenlinsen (\rightarrow Röntgenoptik). — R. nennt man auch eine Anordnung, die mit Hilfe eines außerordentlich kleinen Röntgenstrahlbrennfleckes (z. B. $1\ \mu\text{m}$) nach dem Prinzip der Zentralprojektion ein vergrößertes Röntgenschatenbild auf einem Fluoreszenzschirm abbildet. Es wurden Vergrößerungen von 10^2 bis 10^3 erzielt.

Röntgenoptik, das Teilgebiet der Optik, das sich mit der Abbildung von Objekten durch Röntgenstrahlung befaßt. Zur Strahlablenkung sind Linsen und Spiegel nach optischem Vorbild nicht verwendbar, da Röntgenstrahlung an Grenzflächen praktisch weder gebrochen noch reflektiert wird. Eine gewisse Bedeutung haben lediglich solche **Röntgenlinsen**, bei denen die Strahlablenkung durch Totalreflexion bei außerordentlich kleinen Winkeln oder durch Braggische Reflexion an sphärisch gekrümmten Einkristalloberflächen vorgenommen wird.

Röntgenröhre, Gerät zur technischen Erzeugung von Röntgenstrahlung. In einem hoch-evakuierten Glaskolben oder -zylinder (Gasdruck geringer als 10^{-5} Torr) befinden sich zwei Elektroden. Eine Elektrode ist als Glühkatode ausgeführt. Sie besteht aus einer Wolframwendel, die durch einen elektrischen Heizstrom auf Weißglut erhitzt, Elektronen aussendet. Diese werden durch eine zwischen die Katode und die ihr gegenüberstehende Anode angelegte sehr hohe elektrische Spannung (Anodenspannung) zur Anode hin beschleunigt. Ein **Wehneltzylinder**, d. i. ein die Katode umgebender und mit dieser leitend verbundener Metallzylinder, bündelt die Elektronen, so daß diese die gegenüberliegende Anode in einer kleinen Fläche (Brennfleck oder Fokus) treffen. Die Anode, auch Antikatode genannt, befindet sich im Abstand von einigen Millimetern bis Zentimetern zur Glühkatode und besteht aus einem abgeschrägten Metallzylinder.



Röntgenstrahlung

Röntgenröhre (Anode und Katodenstiel am Ende aufgeschnitten). *a* Anode aus Kupfer, hier mit einem Schutzkopf versehen (Fanganode) zur Abschirmung des Entladungsraumes, *b* Bohrungen der Kupfernabe, *c* Berylliumscheibe als Austrittsfenster für Röntgenstrahlung, *d* Wolframplatte am Ort des Fokus, *e* Aufbohrung der Kupfernabe für die Aufnahme der Kühlfüssigkeit, *f* Glühkatode, *g* Wolframheizwendel als Quelle für die Elektronen, *h* Wehneltzylinder, *i* Kontaktstifte für die Heizspannung, *k* Glaswand

Als Anodenmaterial verwendet man im allgemeinen Kupfer, für den Teil am Ort des Fokus jedoch Wolfram. Liegt zwischen den beiden Elektroden eine hinreichend große Spannung, dann erhalten die Elektronen eine so große Geschwindigkeit, daß sie in der Lage sind, beim Aufprall auf die Anode elektromagnetische Wellen zu erzeugen, die in das Gebiet der Röntgenstrahlung fallen. Im allgemeinen werden R.n für Spannungen bis zu 250 kV gebaut. Beim Aufprall der Elektronen wird nur etwa 1 % ihrer Bewegungsenergie in Röntgenstrahlung umgewandelt, während der Rest hauptsächlich als Wärme frei wird und eine starke Erhitzung der Anode bewirkt. Zur Erzielung großer Leistungen, d. i. das Produkt aus

Röhrenstromstärke (der von den Elektronen auf die Anode übertragene Strom) und Anodenspannung, muß für eine gute Wärmeabfuhr aus der Anode (Anodenkühlung) gesorgt werden.

Röhrentypen. Die den verschiedenen praktischen Verwendungszwecken angepaßten Typen von R.n unterscheiden sich in der Art der Anodenkühlung, der Fokusgröße und der elektrischen Belastung. **Hohlanoden-Röntgenröhren** sind für langzeitigen Betrieb bestimmt, z. B. in der medizinischen Therapie und für Materialuntersuchungen; zur Anodenkühlung wird Wasser oder Öl durch den aufgebohrten Anodenzyylinder geleitet. Die Fokusgrößen betragen zwischen 1 und 20 mm², die elektrischen Belastungen je nach Fokusgröße zwischen 250 und 4000 W. **Schweranoden-Röntgenröhren** sind nur für kurzzeitige Belastungen geeignet und werden in medizinischen Diagnostik-Röntgenapparaten verwendet. Die Anodenkühlung beruht auf dem Leitungsprinzip; hierzu ist der Anodenkörper massiv und besteht aus einem gut wärmeleitenden Metall (z. B. Kupfer), das die am Ort des Fokus erzeugte Wärme aufnimmt und ableitet. Für Belichtungszeiten von 0,1 s vertragen diese R.n bei Fokusgrößen von 18 mm² etwa 10 kW, in Dauerleistung hingegen nur etwa 200 W. Die **Drehanoden-Röntgenröhren** sind für hochleistungsfähige medizinische Diagnostik-Röntgenapparate bestimmt. Als Anode dient ein randseitig abgeschrägter Wolframteller, der auf der Achse eines in der R. befindlichen Rotors angebaut ist und sich während der Belastung mit sehr großer Umdrehungszahl bewegt. Der Fokus wird auf der Tellerschnege erzeugt, und die fokale thermische Belastung verteilt sich durch die Drehbewegung auf ein Band über den Umfang. Solche Röhren können für Belichtungszeiten bis 0,1 s bis zu 50 kW belastet werden. Ihre Dauerbelastung beträgt hingegen nur etwa 250 W.

Steuerung. R.n werden grundsätzlich im Sättigungsgebiet der Röhrenkennlinie betrieben. Dort ist eine in Intensität u. Strahlungsqualität unabhängige Steuerung möglich. Die Strahlungsqualität wird durch die Röhrenspannung geregelt und die Intensität durch Variation der Glühwendeltemperatur, wodurch sich die Anzahl der je Zeiteinheit emittierten Elektronen und somit die Röhrenstromstärke ändert.

Röntgenspektroskopie, ein Teilgebiet der Spektroskopie, das sich mit der spektralen Untersuchung von elektromagnetischen Strahlen der Wellenlängen von 10 bis etwa 10^{-3} nm beschäftigt (**Röntgenspektroalanalyse**). Die R. beruht auf der Tatsache, daß die Wellenlängen der Röntgenstrahlen größenordnungsgemäß gleich den Atomabständen in Kristallen sind. Bei der **Röntgenemissionsanalyse** wird die Röntgeneigenstrahlung von Atomen nach Frequenzen und Intensitäten, die für die jeweiligen Atome charakteristisch sind, sortiert. Der dazugehörige inneratomare Vorgang besteht nach einer einfachen Vorstellung in Übergängen von Elektronen der inneren Elektronenschalen. Besondere Bedeutung hat die **Röntgenfluoreszenzanalyse** zur automatischen quantitativen Analyse von Metallen und Schlacken in Stahlwerken gefunden. Ein wichtiges röntgenspektroskopisches Verfahren ist auch die **Röntgenstrukturanalyse** (\rightarrow Kristallstrukturanalyse).

Röntgenstrahlung, X-Strahlung (Tafel 31), eine elektromagnetische Strahlung, die im Gesamtspektrum der elektromagnetischen Wellen den Bereich von etwa 10 bis 10^{-3} nm einnimmt, also kurzwelliger als das Ultraviolett ist.

Eigenschaften. Die beim Licht auftretenden Effekte der Absorption, Streuung, Beugung, Polarisation und Interferenz können auch bei der R. beobachtet werden. Die Effekte der Brechung und Reflexion sind für R., mit Ausnahme des Be-

reiches der Totalreflexion, außerordentlich klein und werden praktisch vernachlässigt. R. ist unsichtbar, wirkt ionisierend, schwärzt Photoplaten und erzeugt Fluoreszenzwirkung. Beim Durchgang durch einen Stoff erfährt die R. eine Schwächung, die um so größer wird, je größer die Ordnungszahl der chemischen Elemente, die Dichte des Untersuchungsmaterials und die Wellenlänge der R. sind. Die Schwächung setzt sich aus der Streuung und der Absorption zusammen. Die Streuung bringt einen Energieverlust der Wellenstrahlung durch die Stoßwirkung der Strahlung auf Elektronen (\rightarrow Compton-Effekt). Dieser Energieverlust ist nur bei sehr kurzwelliger Strahlung von Bedeutung. Kurzwellige R. besitzt eine große Durchdringungsfähigkeit; man nennt sie **harte Strahlung** im Gegensatz zur langwelligen oder **weichen Strahlung**. Die Härte der Strahlung wächst mit der Beschleunigungsspannung der Ladungsträger. Beim Durchgang durch Gase erzeugt R. mittels der Absorption (Photoabsorption und Streuabsorption) Gasionen und freie Elektronen. Bei der Bestrahlung von Zinksulfid ZnS , Kalziumwolframat CaWO_4 und verschiedenen anderen Stoffen mit R. werden diese Stoffe zur Fluoreszenz angeregt. Von den photochemischen Wirkungen der R. ist die Schwärzung der Photoplatte die bekannteste. Diese Eigenschaft bildet die Grundlage für die Aufnahme von Röntgenbildern auf Filmen oder photographischem Papier. Da R. biologische Veränderungen, meist Schädigungen, hervorruft, müssen beim Umgang mit R. die Arbeitsschutzanordnungen 950 (Anwendung von Röntgenstrahlen in medizinischen Betrieben) und 951 (Anwendung von Röntgenstrahlen in nichtmedizinischen Betrieben) eingehalten werden.

Entstehung. R. entsteht, wenn elektrisch geladene Teilchen, also Elektronen oder Protonen, mit großer kinetischer Energie auf einen Stoff treffen und dort abgebremst werden. Die Bremsung der Ladungsträger ruft zwei Arten von R. hervor, die sich durch ihr Spektrum unterscheiden. 1) Die **Bremsstrahlung** entsteht durch das mehr oder weniger schnelle Abbremsen der Teilchen und weist ein kontinuierliches Spektrum auf. In diesem Spektrum kommen alle Wellenlängen bis zu einer kleinsten Grenzwellenlänge vor. Die Grenzwellenlänge, die durch die Bewegungsenergie der Teilchen vor dem Bremsakt bestimmt ist und mit zunehmender Bewegungsenergie abnimmt, entsteht dann, wenn die gesamte Bewegungsenergie eines Teilchens zur Erzeugung nur eines Röntgen-Lichtquants verbraucht wird. 2) Die **charakteristische Strahlung (Eigenstrahlung)** weist ein Spektrum auf, das aus getrennten Linien besteht und von der Atomhülle beim Übergang von Elektronen aus äußeren nach inneren, kernnächsten Quantenzuständen ausgestrahlt wird. Das Spektrum ist dem der Bremsstrahlung überlagert. Die in Serien auftretenden Wellenlängen sind unterschiedlich und für jedes Element charakteristisch. Sie verschieben sich mit steigender Ordnungszahl Z des emittierenden Atoms nach der kurzwelligen Seite. Es gilt $\sqrt{f} = k(Z - a)$, wobei f = Frequenz der Linie, k und a = experimentell zu ermittelnde Konstanten (*Moseleysches Gesetz*). Je nachdem, auf welcher Schale (K-, L-, M-... Schale) der Elektronenübergang endet, werden die Linien mit K, L, M... bezeichnet. Beim Wasserstoffspektrum entspricht der K-Linie die Lyman-Serie im ultravioletten, der L-Linie die Balmer-Serie im sichtbaren und der M-Linie die Paschen-Serie im infraroten Gebiet. Erfolgt der Übergang zwischen benachbarten Schalen, dann wird der Bezeichnung der griechische Buchstabe α hinzugefügt; wenn beim Übergang Schalen übersprungen werden, so werden andere griechische Buchstaben ($\beta, \gamma, \epsilon, \eta$) hinzugefügt. Die Linie,

die z. B. von einem Kupferatom beim Übergang eines Elektrons aus der L- in die K-Schale ausgestrahlt wird, bezeichnet man mit $\text{Cu-K}\alpha$; sie hat eine Wellenlänge von 0,154 nm. Das Spektrum der Eigenstrahlung der Atome hat wesentlich zur Aufklärung des Atomaufbaus beigetragen. R. kann auch durch R. selbst beim Auftreffen auf einen Stoff entstehen. Diese **sekundäre R. oder Fluoreszenzstrahlung** ist identisch mit der charakteristischen Strahlung und weist ein reines Linienspektrum auf. Technisch wird R. mit \rightarrow Röntgenröhren erzeugt. Extrem harte R. läßt sich im \rightarrow Betatron erzeugen.

Nachweis und Messung. Mit Hilfe der photochemischen Wirkung kann R. durch die Schwärzung von Photoplaten nachgewiesen werden. Wenn die hervorgerufene Schwärzung in Abhängigkeit von der aufgetroffenen Strahlungsmenge durch die Schwärzungskurve bekannt ist, sind auch quantitative Aussagen möglich. Zählrohre mit Gasfüllung nutzen die ionisierende Wirkung der R. aus, während beim Szintillationszähler Lichtblitze ausgewertet werden.

Anwendung. 1) In der **Medizin** wird das unterschiedliche Durchdringungsvermögen der R. für Medien mit unterschiedlicher Dichte und atomarem Aufbau von der \rightarrow Röntgendiagnostik zur Untersuchung des menschlichen Körpers ausgenutzt; die \rightarrow Röntgentherapie nutzt die schädigende Wirkung der R. auf lebende Zellen und ihren Stoffwechsel zur Zerstörung krankhaften Gewebes.

2) **Materialprüfung**. Die **Röntgengrobstrukturuntersuchung** dient in der Werkstoffprüfung dazu, Fehler in Werkstücken, z. B. Lunker, Schlackeneinschlüsse, Fremdstanzeinschlüsse, Risse und Seigerungen, mittels zentraler Schalenprojektion abzubilden. Vor allem zur Prüfung metallischer Schweißverbindungen ist die R. ein unentbehrliches Hilfsmittel. Die maximal durchstrahlbare Werkstückdicke ist abhängig von Röhrenspannung und Material. Für 200 kV beispielsweise beträgt sie für Stahl etwa 70 mm und für Aluminiumlegierungen etwa 300 mm. Für Werkstücke, die höhere Spannungen als etwa 250 kV erfordern, ist die extrem harte Gammastrahlung (\rightarrow Gammadefektoskopie) geeigneter. Allerdings ist für γ -Strahlung der Kontrast merklich geringer, daher ist zur Untersuchung kleinerer Werkstückdicken die R. der Gammastrahlung vorzuziehen. Die Belichtungszeiten liegen in der Größenordnung von Minuten. Verwendet wird die in Röntgenröhren mit Wolfram anoden erzeugte Bremsstrahlung. In der **Röntgenfeinstrukturuntersuchung** wird die Erscheinung ausgenutzt, daß R. an der Elektronenhülle der Atome kohärent gestreut wird und bei regelmäßiger Anordnung der Atome, wie sie in Kristallen vorliegt, Interferenzeffekte liefert. Lage, Schärfe und Intensität der Interferenzen gestatten Rückschlüsse auf Art und Anordnung der Atome im streuenden Medium (\rightarrow Kristallstrukturanalyse). Für Feinstrukturuntersuchungen wird hauptsächlich monochromatische charakteristische R. mit Wellenlängen zwischen 0,1 bis 0,2 nm verwendet. Man benutzt dazu Röntgenröhren mit Kupfer-, Chrom-, Eisen-, Kobalt- oder Molybdänanoden. Die Röhrenspannungen liegen zwischen 30 und 50 kV. In der **Röntgenspektroanalyse** wird die von der zu analysierenden Substanz mittels Röntgenstrahlungs- oder Elektronenanregung emittierte charakteristische R. durch Beugung an einem Einkristall spektral zerlegt, die gemessenen, für jedes Element charakteristischen Wellenlängen werden identifiziert. Auf diesem Wege ist sowohl qualitative als auch quantitative Analyse möglich. Die Nachweisempfindlichkeit kann bis zu 10^{-10} betragen. Die Methode bringt vor allem dann Vorteile, wenn große Probenzahlen von Substanzen gleicher qualitativer Zusammen-

setzung in möglichst kurzer Zeit zu analysieren sind. In der chemischen und metallurgischen Großindustrie finden vollautomatisierte Röntgenspektrographen immer stärkere Verwendung zur Kontrolle und Steuerung des Produktionsprozesses.

Lit. Blochin: Physik der Röntgenstrahlen (dtsch Berlin 1957); Glocker: Materialprüfung mit Röntgenstrahlen (4. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958); Malzew: Röntgenographie der Metalle (dtsch Berlin 1965); → Kristallstrukturanalyse.

Röntgenstrukturanalyse, swv. → Kristallstrukturanalyse.

Röntgentherapie, die Anwendung von → Röntgenstrahlung zur günstigen Beeinflussung krankhafter Prozesse im menschlichen Körper unter weitgehender Schonung gesunden Gewebes. Die R. beruht auf der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlung. Zur Behandlung gelangen bösartige Erkrankungen (z. B. Karzinome, Sarkome) sowie gutartige Erkrankungen (z. B. Entzündungen, Ekzeme). Die Möglichkeit, ein krankhaftes Gewebe stärker zu schädigen als ein gesundes, beruht in der Regel auf einer größeren Strahlenempfindlichkeit des kranken Gewebes. Diese selektive Wirkung kann durch sinnvolle Dosierung noch erhöht werden. Voraussetzung jeder R. ist ein möglichst großes Verhältnis der Dosis im kranken Gewebe zur Dosis im gesunden Gewebe. Dies wird erreicht durch Wahl einer geeigneten Quantenenergie der Röntgenstrahlung (Röhrenspannung), durch Begrenzung des Strahlungsbündels mit Blenden und Tubussen auf die Form des Krankheitsherdes sowie durch sinnvolle Bestrahlungstechniken, z. B. Pendelbestrahlungen, Pendelkonvergenzbestrahlungen, → Gammatherapieeinrichtung. Oberflächlich liegende Herde oder Herde in Körperhöhlen werden mit energieärmerer überweicher Röntgenstrahlung mit einer Röhrenspannung von 5 bis 15 kV (Kilovolt) oder weicher Röntgenstrahlung (20 bis 60 kV) bestrahlt, Herde im Körperinneren mit energiereicher harter Röntgenstrahlung (200 bis 300 kV) bzw. überharter Strahlung mit einer Quantenenergie bis 40 MeV (Megaelektronenvolt). Zur Erzeugung überweicher, weicher und harter Röntgenstrahlung dienen Röntgenröhren, überharte Röntgenstrahlung wird durch Betatrons und Linearbeschleuniger erzeugt. Seit Einführung von Gammatherapieeinrichtungen ist die Anwendung der Röntgentiefentherapie stark eingengt worden.

Rootspumpe, eine → Vakuumpumpe.

Rosanilin, swv. → Fuchsin.

Rosenöl, ein farbloses, nach Rosen duftendes ätherisches Öl, das unterhalb 25 °C erstarrt. Man gewinnt es nach verschiedenen Verfahren (z. B. Wasserdampfdestillation, Extraktion) aus den Blütenblättern der Damaszenerrose und einiger ihrer Kreuzungsprodukte. R.e. enthalten hauptsächlich L-Zitronellol, Geraniol und Nerol. Das R. ist das mit Abstand teuerste ätherische Öl. Es wird zur Herstellung kosmetischer und pharmazeutischer Präparate verwandt, ferner in der Genußmittelindustrie als Liköressenz und zur Aromatisierung von Zuckerwaren und Tabak.

Roses Metall, eine Wismut-Blei-Zinn-Legierung mit 50 % Wismut, 25 % Blei und 25 % Zinn. Schmelzpunkt 94 °C. R. M. wird bei Temperaturüberwachungsanlagen als Kontaktwerkstoff sowie als Schnellot eingesetzt, ferner dient es als Heizbadflüssigkeit. Die Legierung wurde erstmals von dem Chemiker Rose hergestellt.

Roßbreiten, die Gebiete des subtropischen Hochdruckgürtels etwa zwischen 20 und 35° nördlicher und südlicher Breite mit Windstillen oder nur schwachen Winden. Auf der Nordhalbkugel der Erde gehört hierzu das für das Wetter Mitteleuropas wichtige Azorenhoch.

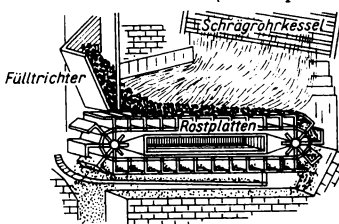
Rost, 1) das braunrote, pulvrig-schuppige Korrosionsprodukt, das sich auf Stahl- und Eisenoberflächen durch Einwirkung feuchter Luft, also vor allem in Gegenwart von Wasser, Sauerstoff und Kohlendioxid, bildet und etwa der Zusammensetzung $x\text{FeO} \cdot y\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ entspricht. Dabei entsteht zunächst Eisen(II)-hydroxid, das zu Eisen(III)-oxidhydrat weiter oxidiert wird. Da R. porös ist, schützt er das darunterliegende Metall nicht vor weiterer Korrosion. Befindet sich Eisen in Wasser in Berührung mit anderen Metallen, so kann die Rostbildung verschieden beeinflusst werden. Bei Berührung mit einem edleren Metall entsteht ein Korrosionselement, in dem das Eisen zur Lösungselektrode wird, also starker Korrosion ausgesetzt ist. Bei Berührung mit einem unedleren Metall ist dieses Lösungselektrode, während das Eisen vor Korrosion geschützt bleibt. So zeigen z. B. verzinktes und verzinktes Stahlblech unterschiedliches Verhalten: Zinn ist edler als Stahl, bei Rissen oder Poren im Überzug wird der Stahl stärker korrodiert; Zink ist unedler als Stahl, dieser wird auch bei Rissen und Poren im Überzug nicht angegriffen.

Unter **Flugrost** versteht man den ersten R., der an der Atmosphäre auf Stahl und Eisenoberflächen entsteht und leicht entfernbar ist. **Fremdrost** ist eine Ablagerung von R. (insbesondere auf nichtrostendem Stahl), der von anderen Stahl- und Eisenteilen herrührt. **Unterrostung** ist die Rostbildung unter Deckschichten und Überzügen.

Rostschutz kann auf verschiedene Weise erreicht werden, → Korrosionsschutz. Vor dem Aufbringen von rostschützenden Anstrichen muß die Oberfläche entrostet, d. h. vollständig von R. befreit werden. Das **Entrosten** kann durchgeführt werden 1) von Hand mit Hammer, Schaber, Spachtel oder Bürste, 2) mechanisch mit Schlag- oder Pickhammer oder rotierenden Drahtbürsten, 3) durch → Strahlen, 4) durch → Flammstrahlen, 5) chemisch mit Säuren, d. h. Beizen unter Anwendung von Sparbeizzusätzen oder durch Salzsäure, 6) mit → Rostumwandlern.

Lit. → Korrosion.

2) im Feuerungsanlagenbau eine durchbrochene Unterlage aus Gußeisen, auf der feste Brennstoffe verbrannt werden (→ Dampfkessel).



Aschenbunker
Feuerungsanlage mit Wanderrost

3) im Grundbau swv. Pfahlrost, Trägerrost, → Gründung.

Rösten, in der Metallurgie ein Vorbereitungsprozeß für hüttenmännische Stoffe, besonders Erze, um sie durch chemische Veränderung in eine für die Metallgewinnung geeignete Form zu überführen. Entsprechend den chemischen Reaktionen, die sich beim R. abspielen, unterscheidet man oxydierendes, sulfatisierendes, chlorierendes und reduzierendes R. Beim **oxydierenden R.** werden Metallsulfide in Metalloxide und Schwefeldioxid überführt. Beim **sulfatisierenden R.** erfolgt Umwandlung in Sulfate. Beim **chlorierenden R.** erfolgt Umsetzung von Sulfiden mit einem Chlorierungsmittel (meist Natriumchlorid) und Sauerstoff zu Metallchloriden und Natriumsulfat. Beim **reduzierenden R.** werden höhere Metall-

oxide in niedere umgewandelt. Eine wichtige Anwendung dieses Verfahrens ist die Umwandlung paramagnetischer Eisenerze in ferromagnetische und anschließende magnetische Aufbereitung des Eisenerzes.

Nach dem physikalischen Zustand des Röstgutes unterscheidet man zwischen Pulver- und Sinterröstung. Die **Pulverröstung**, die ein pulverförmiges Produkt liefert, erfolgt in Mehretagenöfen, Wirbelschichtöfen (→ Wirbelschichtverfahren) oder Schweberröstern, die **Sinterröstung**, die ein stückiges Produkt liefert, auf Sinterapparaten (→ Sintern).

Röstreaktionsverfahren, ein metallurgisches Verfahren zur Herstellung von Metallen (z. B. Kupfer, Blei) aus sulfidischen Erzen. Diese Erze werden teilweise oxidiert: $2\text{MeS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{MeO} + 2\text{SO}_2$. Metallsulfid reagiert mit dem intermediär gebildeten Oxid sofort weiter zu Metall: $2\text{MeO} + \text{MeS} \rightarrow 3\text{Me} + \text{SO}_2$. Die Kupfergewinnung nach dem R. wird im Konverter, die Bleigewinnung im Herdofen durchgeführt.

Röstreduktionsverfahren, ein metallurgisches Verfahren zur Herstellung von Metallen (z. B. Blei, Zink, Antimon) aus sulfidischen Erzen. Diese Erze werden zunächst totgeröstet: $2\text{MeS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{MeO} + 2\text{SO}_2$. Anschließend wird das Röstgut mit einem Reduktionsmittel (Kohlenstoff oder Kohlenmonoxid) reduziert. Das R. wird angewendet bei der Gewinnung von fast allen Buntmetallen.

Rostumwandler, eine im wesentlichen aus freier Phosphorsäure bestehende Flüssigkeit zur Umwandlung festhaftenden Rostes in auf der Eisenoberfläche festverankertes, unlösliches tertiäres Eisen(III)-phosphat. Durch diese Umsetzung wird ein zeitweiliger Rostschutz und ein guter Haftgrund für nachfolgende Anstriche erzielt. Wegen der Notwendigkeit, den Phosphorsäuregehalt genau auf den Verrostungsgrad abzustimmen, und wegen der Verschiedenheit des Verrostungsgrades auch auf ein und derselben Oberfläche sind der Anwendung von R.n enge Grenzen gesetzt.

Rotameter, ein direkt anzeigender Durchflußmesser. Beim R. wird ein rotierender Schwebekörper in einem leicht konischen Rohr durch die Strömung angehoben. In jedem Fall muß der Widerstand des Körpers gleich seinem Gewicht sein. Auf Grund des veränderlichen Spaltes zwischen Rohr und Körper gehört zu jeder Höhe des Schwebekörpers im Gleichgewicht eine bestimmte Geschwindigkeit und damit ein definierter Durchsatz. R. müssen geeicht werden und dienen besonders zur Messung kleinster Volumenströme bis hinunter zu einigen Litern je Stunde.

Rotary-Verfahren, → Bohrung.

Rotation, **Drehung**, 1) die Umdrehung eines starren geometrischen Gebildes um einen festen Punkt (**Drehpunkt** oder **Zentrum**) oder um eine feste Gerade (**Rotations-** oder **Drehachse**). Bei R. um eine im Körper liegende Achse bleiben sämtliche Achsenpunkte in Ruhe, während alle anderen Punkte Kreise um diese Achse beschreiben. Eine **Rotationsfläche** (**Drehfläche**) ist eine Fläche, die durch R. einer starren Kurve um eine feste Achse entsteht, die in der Ebene der Kurve liegt, z. B. entsteht die Kugelfläche durch R. eines Halbkreises um seinen Durchmesser. Ein **Rotationskörper** (**Drehkörper**) ist der von einer Rotationsfläche (und gegebenenfalls noch von ein oder zwei Ebenen senkrecht zur Rotationsachse) begrenzte Körper bzw. ein Körper, der durch R. einer ebenen Fläche um eine feste Achse entsteht. Zum Beispiel ergibt die R. eines rechtwinkligen Dreiecks um eine seiner Katheten einen geraden Kreiskegel. Die wichtigsten Rotationsflächen- und -körper sind Kugel, gerader Kreiskegel und -zylinder, Rotationsellipsoid, -hyperboloid, -paraboloid, Torus. Einfache Regeln für die Berechnung des

Flächeninhalts von Rotationsflächen und des Rauminhalts von Rotationskörpern sind die → Guldinschen Regeln.

Bei Himmelskörpern, so auch bei der Erde, bezeichnet man die Endpunkte ihrer Rotationsachse als **Rotationspole**. Bei der Erde sind Nord- und Südpol die Rotationspole. Die R. der Himmelskörper ist durch Fortbewegung von Oberflächendetails zu erkennen und zu bestimmen. Sind solche nicht wahrzunehmen, dann kann eine R. nur durch den Dopplereffekt festgestellt werden. Bruchstückartige rotierende Himmelskörper zeigen einen periodischen Lichtwechsel.

Die R. von Molekülen spielt eine wichtige Rolle in der Atomphysik und der statistischen Thermodynamik. Die Rotationsenergie ist gequantelt (→ Quantentheorie). Die Werte der Rotationsenergiestufen sind mitbestimmend für die Wellenlängen der Linien im Molekülspektrum und dienen mit zur Berechnung von physikalischen und chemischen Größen (z. B. Massenwirkungskonstanten von chemischen Reaktionen).

Auch Elektronen, Protonen, Neutronen und andere Elementarteilchen sowie Atomkerne weisen eine Eigenrotation auf, den → Spin.

Über die Drehung der Schwingungsebene von polarisiertem Licht → Polarisation.

2) in der Hydrodynamik die Drehung in einem Punkt eines Strömungsfeldes. Bei Potentialströmungen (→ Strömungslehre) ist die R. in allen Punkten des Strömungsfeldes Null.

Rotationsdruckmaschine, Druckmaschine für Buch-, Offset- oder Tiefdruck, bei der die Druckformen auf sich drehenden Zylindern befestigt sind. Gedruckt wird bei den Rollenmaschinen auf eine endlose Papierbahn, die von einer Rolle abläuft, bei den Bogen-Rotations- (Rundform-) Maschinen auf Formatbogen. Das Druckprinzip der R. ist also Walze gegen Walze. Sie wird vor allem für große Auflagen (Zeitungen, Zeitschriften, auch Werkdruck) verwendet. Moderne R.n haben bei zwei Druckwerken (die gleichzeitig beide Seiten bedrucken) eine Leistung bis zu 30 000 Drucken/h, wobei die Druckerzeugnisse auch noch geschnitten und gefalzt werden. Eine Zeitungs-R. liefert in einer Stunde durchschnittlich 80 000 versandfertige Zeitungen zu je 4 Seiten.

R.n für Mehrfarbendruck — besonders Tiefdruck-R.n — werden vielfach mit photoelektrischer Steuerung versehen, um Passerfehler einzuschränken. Der Vor- oder Nachlauf einer Farbe — in Längsrichtung der Papierbahn gesehen — wird durch eine automatische Umfangsregistrierung ausgeglichen, die die Spannung der Papierbahn verstärkt oder vermindert. Passerfehler in der Papierbahnbreite werden durch seitliches Verschieben des Druckzylinders (Seitenregistersteuerung) oder der Papierrolle korrigiert (Rollenseitensteuerung). Steuerelemente sind Photozellen, die aufgedruckte Marken auf der Papierbahn abtasten und bei Unstimmigkeiten Verstellmotoren für Farbregister oder Papierrolle einschalten. Darüber hinaus gibt es auch elektronische Einrichtungen zur Anzeige oder automatischen Steuerung der Farbdichte.

Lit. → Druckverfahren.

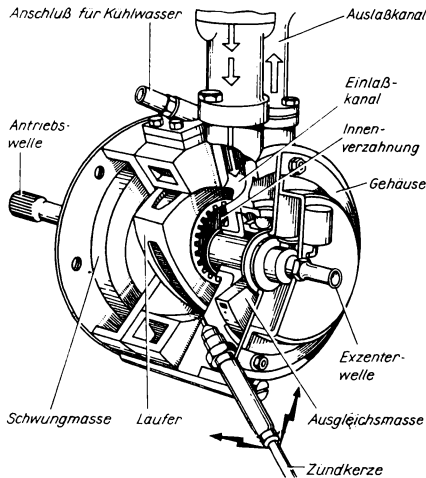
Rotationsellipsoid, → Erde, Abschn. 2.

Rotationshacken, → Hackgeräte.

Rotationsisomerie, → Stereochemie.

Rotationskolbenmotor, ein Verbrennungsmotor, der im Gegensatz zum herkömmlichen Hubkolbenmotor (→ Verbrennungsmotor) keine hin- und hergehenden Teile (Kolben, Pleuellstangen usw.) besitzt, sondern nur rotierende Teile. R.n werden eingeteilt in Drehkolben-, Kreiskolben- und Umlaufkolbenmotoren. **Drehkolbenmotoren** haben nur gleichförmig sich drehende Teile. **Kreiskolbenmotoren** haben nur gleichförmig bewegte Teile, es kreist jedoch mindestens

ein Teil, d. h., sein Schwerpunkt läuft auf einer Kreisbahn gleichförmig um, und es dreht sich zusätzlich gleichförmig um seinen Schwerpunkt. **Umlaufkolbenmotoren** sind drehkolben- oder kreiskolbenartige Motoren, bei denen sich stets ein Teil ungleichförmig bewegt, weshalb sie sich nur für niedrige Drehzahlen eignen.



1 Wankelmotor (aufgeschnitten)

Der erfolgreichste R. ist der 1954 von Ing. Wankel entwickelte und später nach ihm benannte **Wankelmotor**, eine spezielle Art des Kreiskolbenmotors. Der Wankelmotor besteht im wesentlichen aus dem Gehäuse, dem Laufer und der Exzenterwelle (Abb. 1). In dem Gehäuse, das die Form einer Epitrochoide besitzt und in das der Einlaßkanal und der Auslaßkanal münden, bewegt sich der dreieckige Laufer (Kolben) so, daß seine Eckpunkte stets am Gehäuseumfang anliegen. Der Laufer ist auf der Exzenterwelle gelagert, deren Achse durch den Gehäusemittelpunkt geht und die die Drehmomentenweiterleitung übernimmt. Außer der durch den Exzenter hervorgerufenen Hubbewegung vollführt der Laufer eine Drehung um die Exzenterwelle. Diese Drehung wird durch eine Innenverzahnung am Laufer hervorgerufen, deren Zähne mit einem fest am Gehäuse angebrachten Zahnrad kämmen. Infolge dieser überlagerten Bewegungen führt der Laufer eine Planetenbewegung aus. Der Laufer bildet mit dem Gehäuse drei Arbeitsräume (Kammern), die sich periodisch vergrößern und verkleinern. In Abb. 2 ist erkennbar, daß das Volumen der Kammer I von a bis d zunimmt. Durch den Einlaßkanal wird dabei Kraftstoff-Luft-Gemisch angesaugt. Nachdem in Abb. 2e die Ecke C den Einlaßkanal verschlossen hat, beginnt für die Kammer I die Verdichtung des Gemisches. In dieser Stellung haben sich die Laufer um 120° , die Exzenterwelle um 360° gedreht; auf drei Umdrehungen der Exzenterwelle entfällt also eine Umdrehung des Läufers. Der weitere Fortgang des Arbeitsspiels ist anhand der Kammer II zu verfolgen. Aus Abb. 2b ist ersichtlich, daß in Kammer II verdichtet wird. In Abb. 2c hat die Kammer II das Volumenminimum erreicht, in Abb. 2d und e erfolgt die Verbrennung und Ausdehnung des Gemisches in der Kammer II, nachdem kurz vor der Stellung des Läufers in Abb. 2c die Zündung erfolgte. Das Ausschleiben der verbrannten Gase ist anhand der Kammer III zu verfolgen. Nachdem in Abb. 2b die Ecke C den Auslaßkanal freigegeben hat, wird das Abgas im weiteren Verlauf der Laufer-

drehung ausgeschoben. Es handelt sich also bei der Arbeitsweise des Wankelmotors um einen Viertaktprozeß mit den in sich abgeschlossenen Takten Ansaugen, Verdichten, Ausdehnen und Ausschleiben, die jeweils in einer der Kammern ablaufen. Dieses Arbeitsspiel erfolgt während dreier Exzenterwellenumdrehungen. Da drei Kammern vorhanden sind, kommt auf jede Exzenterwellenumdrehung ein Arbeitstakt, d. h., der Wankelmotor hat den gleichen Zündabstand wie ein Einzylinder-Zweitaktmotor oder ein Dreizylinder-Viertaktmotor.

Lit. → Verbrennungsmotor.

Rotbruch, Werkstoffversprödung bei der Warmformgebung. R. wird beim Stahl durch zu hohen Schwefel- bzw. Sauerstoffgehalt verursacht; er läßt sich durch Manganzusatz vermeiden. Weiteres → Desoxydation.

Roteisenstein, eine Varietät des → Hämatits.

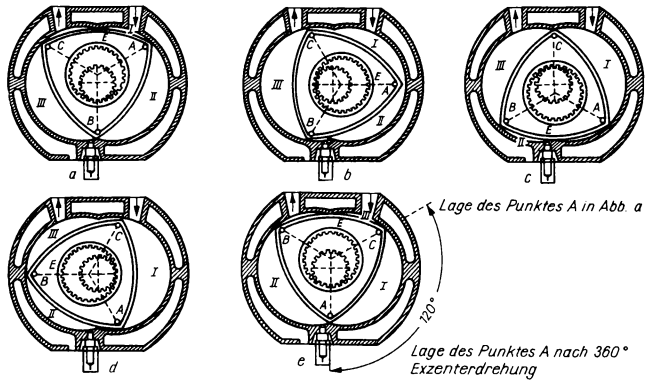
Rötel, eine Varietät des → Hämatits.

Roter Bolus, eine Varietät des → Hämatits.

Roter Glaskopf, eine Varietät des → Hämatits.

Rotgültigerze, eine Mineralgruppe mit kristallographisch und auch sonst sehr ähnlichen Gliedern, wichtige Silbererze. Man unterscheidet

1) **Pyrrargyrit**, dunkles Rotgültigerz, Ag_3SbS_3 , trigonal, in dünner Schicht rot bis purpur durchscheinend, Härte nach Mohs 2,5 bis 3, D. 5,85 g cm^{-3} ; 2) **Proustit**, liches Rotgültigerz, Ag_3AsS_3 , trigonal, in dünner Schicht zinnoberrot durchscheinend, Härte nach Mohs 2,5, D. 5,75 g cm^{-3} . R. finden sich auf Silber-Blei-Erzgängen mit anderen Silbermineralen.



2 Arbeitsweise des Wankelmotors. I, II, III Arbeitsräume; A, B, C Läufer Eckpunkte; E Stellung der Exzenterwelle

Rotguß, Sammelbezeichnung für gut gießbare Kupferlegierungen mit 4 bis 10 % Zinn, 2 bis 7 % Zink, unter Umständen mit Bleizusatz. R. wird vor allem im Armaturenbau verwendet, ferner als Lagerschalenwerkstoff.

Rotkupfererz, sw. → Kuprit.

Rotliegendes, → Perm.

Rotnickelkies, sw. → Nickelin.

Rotocker, eine Varietät des → Hämatits.

Roton, Rotationsquant, ein von dem sowjetischen Physiker L. Landau in die Theorie des flüssigen Heliums eingeführtes Quasiteilchen, das die Rotationszustände von Heliumatomen bzw. die ihrer Komplexe beschreibt.

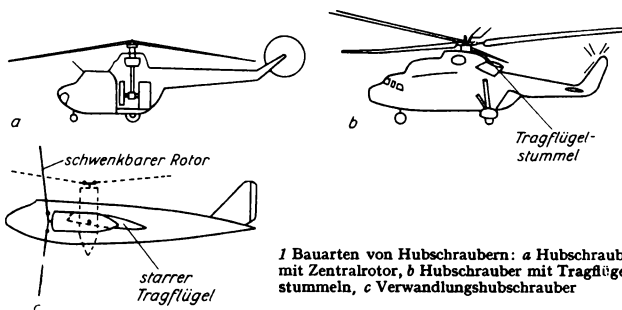
Rotor, 1) Laufer, der drehbare Teil bestimmter technischer, vor allem elektrotechnischer Bauelemente und Maschinen, z. B. der Turbine, des Drehkondensators und der elektrischen Maschinen. Gegensatz: → Stator.

2) sw. Drehflügel, → Rotorflugzeuge.

Rotorflugzeuge, Drehflügler, Drehflügelflugzeuge, Luftfahrzeuge schwerer als Luft, die mit einem Rotor ausgerüstet sind. R. gehören

Rotorflugzeuge

nach der Definition nicht zu den (Starrflügel-) Flugzeugen. Der **Rotor (Drehflügel)** bewirkt zugleich Auftrieb und Vortrieb des Luftfahrzeuges (je nach Konstruktion vollständig oder nur zum Teil). Er besteht in der Regel aus einem bis fünf schmalen, langen, horizontal umlaufenden Blät-



tern (R. mit nur einem Rotorblatt nur versuchsweise), die in einer gemeinsamen, senkrecht angeordneten, meist in einem gewissen Bereich schwenkbaren Achse enden. Ihr Einstellwinkel kann meist verändert werden. Im Gegensatz zu den Starrflügelflugzeugen benötigen R. keinen großen Platz für Start und Landung. Nachteilig sind die relativ niedrige Geschwindigkeit und die hohen Kosten für Herstellung und Betrieb. Zu den R. gehören folgende Luftfahrzeuge: 1) Der **Hubschrauber** oder **Helikopter** (Tafeln 11 und 17) erhält sowohl seinen Auftrieb als auch seinen Vortrieb (in horizontaler Ebene) durch meist einen maschinell angetriebenen, umlaufenden (Zentral-)Rotor. Der Rotor wird durch ein Kolben- oder Gasturbinentriebwerk über ein Getriebe oder durch Blattspitzenantrieb (kleine Luftstrahltriebwerke oder Staustrahlrohre, Druckluftdüsen oder Raketen) an den Enden der Rotorblätter angetrieben und hat eine ziemlich geringe Drehgeschwindigkeit. Hubschrauber können senkrecht starten und landen, in der Luft stillstehen, vorwärts, seitwärts und rückwärts fliegen sowie auf der Stelle wenden. Die gewünschte Flugrichtung und -geschwindigkeit wird durch Schwenken der Rotorachse und durch entsprechendes halbautomatisches Verändern des Einstellwinkels der einzelnen Flügel erzielt. Die Drehung des Rotors ruft außer beim Blatt-

spitzenantrieb ein Gegendrehmoment hervor, das ausgeglichen werden muß. Das geschieht durch einen kleinen, an einem Ausleger angebrachten Propeller (Steuerschraube), der um eine zu Drehebene des Rotors parallele und zu seiner Umlaufrichtung tangential Achse angetrieben wird, oder durch Verwendung von zwei gegenläufig arbeitenden Rotoren. Diese werden entweder übereinander (koaxial) oder hintereinander (**Tandemhubschrauber**) auf dem Rumpf oder an den Enden zweier kurzer, seitlicher Ausleger angebracht. Manche Hubschrauber weisen ein Seitenleitwerk auf, Versuchsausführungen auch ein Höhenleitwerk. **Verwandlungshubschrauber** haben neben dem Hauptrotor, der dann für den Horizontalflug vollständig einziehbar ist oder zumindest anklappbare Flügelblätter besitzt, noch mehr oder weniger große Tragflügel sowie für den Vortrieb Triebwerke. Hubschrauber können auch starre Tragflügelstummeln haben, die den Rotor im Schnellflug entlasten.

Die Geschwindigkeit von Hubschraubern beträgt bis zu 300 km/h, der Aktionsradius bis zu 1000 km. Der z. Z. größte fliegende Hubschrauber ist die sowjetische Mi-6 (12 t Zuladung, Reisegeschwindigkeit 250 km/h). Erkennbare Möglichkeiten der Hubschrauberentwicklung liegen bei 36 bis 50 t Nutzlast unter Anwendung des Blattspitzenantriebes.

Hubschrauber werden verwendet als Lufttaxi, für die Rettung aus See- und Bergnot, zur Überwachung von ausgedehnten Anlagen, im Landwirtschaftsflug, zum Lastentransport in schwer zugängliche Gebiete oder bei schwierigen Bauvorhaben (Kranflug). Ferner setzt man Hubschrauber, da sie nicht an feste Flugplätze gebunden sind, vielseitig militärisch ein, z. B. für die Luftaufklärung, insbesondere für die Strahlungsaufklärung, zum Transport von Luftlandetruppen, Versorgungsgütern und technischen Kampfmitteln, zur U-Boot-Jagd, zum Verlegen von Minen und Fernsprechkabeln.

2) Der **Tragschrauber (Autogiro, Windmühlenflugzeug)** ist mit einem nicht maschinell angetriebenen Rotor sowie mit einem Propeller als Vortriebsmittel ausgerüstet. Bei Erreichen einer bestimmten Horizontalgeschwindigkeit beginnt sich der Rotor durch die Anströmung der Luft um seine Drehachse zu drehen und gibt dem Tragschrauber, meist zusammen mit einem Tragflügel oder mit Tragflügelstummeln, den notwendigen Auftrieb. Es gibt auch Tragschrauber mit Tragflügelstummeln zur Entlastung des Rotors im Schnellflug. Der Tragschrauber benötigt im Gegensatz zum Hubschrauber keine Drehmomentenübertragung vom Triebwerk zum Rotor (z. B. Kupplung, Getriebe, Wellen) und keinen Drehmomentenausgleich (z. B. Heckschraube); er ist dadurch unkomplizierter, billiger und leichter als der Hubschrauber, kann allerdings nur Kurzstarts und keine Senkrechtstarts sowie keine Schwebeflüge durchführen. Der erste Tragschrauber wurde 1922 von dem Spanier J. de la Cierva konstruiert.

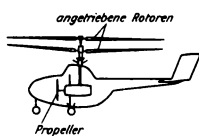
3) Der **Flugschrauber** ist außer mit einem Rotor noch mit einem Propeller ausgerüstet. Zum Start wird nur der Rotor angetrieben, wodurch der Flugschrauber sich wie ein Hubschrauber senkrecht erhebt. Nach Erreichen der vorgesehenen Flughöhe wird die Antriebsleistung immer mehr an den Propeller abgegeben, bis das Luftfahrzeug etwa horizontal fliegt und schließlich der Rotor sich wie bei einem Tragschrauber nur noch durch den Fahrtwind dreht. Flugschrauber, die zusätzlich einen starren Tragflügel besitzen, bezeichnet man als **Kombinationsflugschrauber**.

4) Zu den R. gehören ferner manche → Konvertiplane.

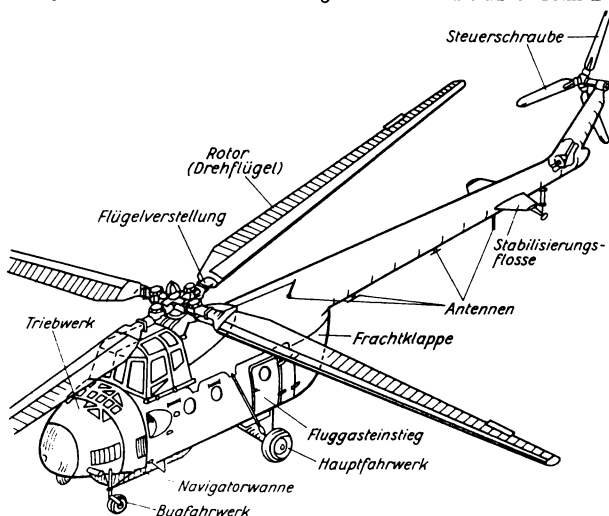
Lit. Uhrig: Der Hubschrauber (Berlin 1961); → Flugzeug.



2 Tragschrauber



3 Flugschrauber



4 Sowjetischer Hubschrauber Mi-4

Rotorkrümmer, → Bodenfräse.

Rotor-Verfahren, ein Verfahren der → Stahlherzeugung.

Rototrol, eine → Verstärkermaschine.

Rotstein, eine Varietät des → Hämatits.

Rotstich, ein → Farbstich.

Rotverschiebung, die Verschiebung der Linien eines Spektrums nach dem langwelligen (roten) Ende hin. Eine R. tritt dann auf, wenn sich eine Lichtquelle, in der Astronomie z. B. ein Stern, vom Beobachter entfernt. Die R. ist proportional der Radialgeschwindigkeit. Sie erklärt sich als → Doppler-Effekt.

R. wird auch im Spektrum der extragalaktischen Sternsysteme (extragalaktischen Nebel) beobachtet, dabei ist der Betrag der R. proportional der Entfernung der Sternsysteme (Hubble-Effekt). Wird diese Erscheinung als Doppler-Effekt gedeutet, so führt das zu der Vorstellung, daß die Sternsysteme auseinanderstreben und sich demnach der zur Zeit überblickbare Teil des Weltalls in Expansion befindet. Es sind für die beobachtete R. noch andere Deutungen möglich. Zum Beispiel tritt R. auch auf, wenn das Licht auf seinem Wege sehr starke Gravitationsfelder durchläuft (relativistische R.).

ROZ, Abk. für Researchoktanzahl, → Oktanzahl.

RT, Kurzsz. für → Registertonne.

Ru, Symbol für → Ruthenium.

Rubellit, eine Varietät des → Turmalins.

Rübenkombine, svw. → Rübenvollerntemaschine.

Rübenvollerntemaschine, **Rübenkombine**, eine Erntebearbeitungsmaschine, die Zuckerrüben in einem Arbeitsgang köpft und rodet und Blätter und Rüben getrennt ablegt. Die R. ist für Traktorzug bestimmt und wird als Anhäng- oder Aufsatzmaschine ausgeführt. Der Antrieb der R. erfolgt von der Zapfwelle des Traktors. Beim **Längsschwadköpfröder**, einer dreireihigen R., werden die im Boden steckenden Rüben von Köpfmessern geköpft. Die Köpfmesser werden von angetriebenen Tasträdern auf die erforderliche Schnitthöhe geführt. Die durch Rodekörper aus dem Boden gezogenen geköpften Rüben gelangen auf Siebketten, wo sie weitgehend von anhaftender Erde befreit werden. Die Rübenköpfe (mit Blatt) sowie die Rüben werden in Längsschwaden abgelegt. Beide Erntegüter werden von speziellen Ladern oder von Hand auf Wagen geladen. Der **Wagenköpfröder**, eine Weiterentwicklung des Längsschwadköpfröders, fördert die in einer Zusatzeinrichtung nochmals gereinigten Zuckerrüben auf einen nebenherfahrenden Wagen. Beim **Querschwadköpfröder** werden die Rüben mit den Blättern durch Greifer aus dem Boden gezogen und durch schnell rotierende Scheibenmesser geköpft. Rübenblatt und Rüben werden in getrennten Haufen quer zu den Reihen abgelegt. Unter bestimmten Voraussetzungen können der Längsschwadköpfröder und der Wagenköpfröder auch zur Ernte von Futterrüben eingesetzt werden.

Rübenzucker, svw. → Saccharose.

Rubidium, Symbol **Rb**, chemisches Element aus der I. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der → Alkalimetalle, ein Leichtmetall; Ordnungszahl 37, Massenzahlen der Isotope 85 und 87; das Rubidiumisotop ^{87}Rb ist schwach radioaktiv (Halbwertszeit $5 \cdot 10^{10}$ Jahre), es geht unter Aussendung von β -Strahlen in das Strontiumisotop ^{87}Sr über; Atomgewicht 85,47 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, D. $1,52 \text{ g cm}^{-3}$, F. $39,0^\circ\text{C}$, Kp. 696°C ; 1860 von Bunsen und Kirchhoff entdeckt. R. ist weißglänzend und sehr leicht oxydierbar, weshalb es unter Luftabschluß aufbewahrt werden muß. Es kommt in Begleitung der anderen Alkalimetalle in sehr geringen Konzentrationen vor. Spurenweise findet es sich in Kalisalzen, Salzsolen und Mineralwässern. R.

kann über sein Hydroxid oder sein Dichromat gewonnen werden. Wegen des hohen Herstellungspreises wird metallisches R. technisch nur in Photozellen verwendet.

Rubidium-Strontium-Methode, → physikalische Altersbestimmung.

Rubin, ein → Korund.

Rubinglimmer, svw. → Lepidokrokit.

Rubinlaser, → Laser.

Rubinmaser, → Maser.

Rübböl, → Fette und fette Öle.

Ruck, eine Änderung der Beschleunigung in der Zeiteinheit. Sie tritt z. B. auf, wenn ein Körper durch einen Stoß in Bewegung gesetzt wird.

Rückbau, → Vorwärtsbau.

Rückhaltebecken, ein talsperrenähnliches Stau-becken zur vorübergehenden Aufnahme von Hochwasserspitzen. Das R. wird bei normalen Abflüssen ohne Aufstau durchflossen. Erst bei Hochwasser erfolgt Füllung des R.s, das durch verschlußlose Ablässe oder → Grundablässe mit Verschlüssen sofort wieder entleert wird, wobei die abgegebene Wassermenge je Sekunde so festgelegt wird, daß unterhalb des R.s kein Schaden entsteht. Die Fläche im R. kann weitgehend landwirtschaftlich genutzt werden.

Rückkopplung, in der Funktechnik die Rückführung eines Teils der Ausgangsleistung eines Systems auf den Eingang. Jenach Phasenlage (gleichphasig oder gegenphasig) wird die Eingangsleistung verringert oder erhöht. Den Fall der Verringerung der Eingangsleistung nennt man **Gegenkopplung**. Diese wird angewandt, wenn eine Verbesserung der Übertragungseigenschaften (Linearisierung des Frequenzgangs, Verringerung des Klirrfaktors) und der Stabilität (Verhinderung einer Selbsterregung, Verringerung des Einflusses einer Alterung) erwünscht ist. Wenn die Eingangsleistung durch die Rückkopplung erhöht wird, spricht man von **Mitkopplung**. Die Mitkopplung wird insbesondere bei Oszillatoren zur Schwingungserzeugung ausgenutzt. Dieser Fall tritt dann ein, wenn die Selbsterregungsbedingung $kV = 1$ erfüllt ist. Dabei ist k das Verhältnis der Spannung am Eingang zu der am Ausgang und V die Verstärkung des Systems.

Von **akustischer R.** spricht man dann, wenn aus dem Lautsprecher ein allmählich ansteigender Heulton hörbar wird. Dies kann z. B. geschehen bei einer elektroakustischen Übertragungsanlage durch Rückwirkung vom Lautsprecher auf das Mikrofon oder bei einem Rundfunkempfänger vom Lautsprecher auf eine Verstärkerröhre oder den Drehkondensator.

Rückprojektionsverfahren, **Rückpro-Verfahren**, **Rückpro-Technik**, ein Kombinations-Trickverfahren (→ Trickverfahren). Dabei wird eine Realszene vor einem Hintergrund aufgenommen, der durch einen Rückprojektor von hinten auf eine transparente, lichtstreuende Bildwand projiziert wird. Dadurch ist es möglich, zwei zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten aufgenommene Teilbilder zu einem Gesamtbild zu vereinigen. Beim R. handelt es sich meist um Laufbildprojektion. Zur Vermeidung von Bildstandsfehlern muß der Rückprojektor mit Sperrgreifern arbeiten. Rückprojektor und Aufnahme-kamera müssen synchron laufen, die Umlaufverschlüsse beider Geräte müssen gleichzeitig öffnen und schließen.

Rückseitenwetter, das nach dem Durchzug einer Kaltfront (→ Front) herrschende, zwischen Aufheiterung, Zusammenballung von Wolken und Niederschlägen schnell wechselnde Wetter (Schauerwetter).

Rückstoß, die Wirkung einer von einem physikalischen System aus durch innere, d. h. systemeigene Kräfte fortgestoßenen Masse auf das Restsystem; dadurch wird dieses Restsystem in der

entgegengesetzten Richtung fortbewegt. Zum Beispiel wird eine Rakete, die Verbrennungsgase nach rückwärts ausstößt, infolge des R.es selbst nach vorwärts bewegt; die inneren Kräfte sind hierbei durch den hohen Druck gegeben, der durch die Erwärmung der Verbrennungsgase entsteht und diese Gase durch eine Düse nach außen treibt. Die physikalische Grundlage des R.es ist der **Impulserhaltungssatz**: Wird die Masse m durch innere Kräfte mit der Geschwindigkeit v fortgestoßen, so erhält das Restsystem (z. B. die Rakete) der Masse M die Geschwindigkeit $V = \frac{m}{M}v$ (in entgegengesetzter Richtung), also

den Impuls $MV = mv$. Dieser Impuls MV heißt im engeren Sinne R. Bei der Fortbewegung durch R. wirken keinerlei äußere Kräfte mit; so ist z. B. auch die Vorstellung falsch, daß eine Rakete sich mittels der ausgeschleuderten Gase an der umgebenden Luft „abstößt“. Auf dem **Rückstoßprinzip** beruhen alle → Strahltriebwerke (Rückstoßantrieb).

Die Energie des R.es tritt bei allen Feuerwaffen auf und wird bei manchen automatischen Waffen (Rückstoßblader) z. B. zum selbsttätigen Laden, Spannen, Verriegeln und Öffnen des Verschlusses benutzt.

Rückstrahlortung, ein nach dem Prinzip der passiven Rückstrahlung (Reflexion) oder aktiven Rückstrahlung (Antwortsender) arbeitendes Verfahren, meist mit Primär-Radar bzw. Sekundär-Radar bezeichnet, → Radar.

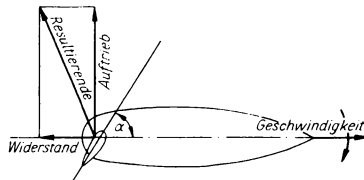
Rücktrittbremse, → Fahrrad.

Rückwärtswellen-Magnetfeldröhre, eine → Lauffeldröhre.

Rückwärtswellenoszillator, → Lauffeldröhre.

Rückwärtswellenröhre, eine → Lauffeldröhre.

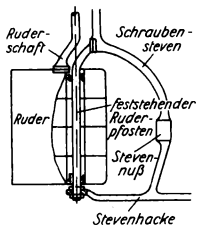
Ruder, 1) eine Vorrichtung zum Lenken eines Wasserfahrzeuges, gewöhnlich mit einem drehbar am Heck angebrachten **Ruderblatt** als Hauptteil.



1 Wirkungsweise des Ruders

Wirkungsweise. Wird das R. zur Seite ausgeschlagen (ausgelegt), also schräg angeströmt, so entstehen an ihm Auftrieb und Widerstand. Der Widerstand bewirkt eine Verzögerung der Schiffsgeschwindigkeit, während der Auftrieb das Heck nach der dem Ruderausschlag entgegengesetzten Seite dreht. Dadurch ändert sich die Fahrtrichtung des Schiffes nach der Seite des Ruderausschlags.

Anbringung und Bewegung. Im allgemeinen sitzt das R. mit einem unteren Spurzapfen in der **Ruder- oder Stevenhacke** des Schraubenstevens, an seiner Oberseite ist über eine Kupplung der **Ruderschaft** befestigt. Dieser ist eine Stahlwelle, auf deren oberem Ende ein Hebelarm, die **Ruderpinne**, sitzt. Sie wird bei Booten von Hand, auf Schiffen meist mittels einer elektrischen oder elektrohydraulischen **Rudermaschine** (seltener Dampf-Rudermaschine) bewegt. Bei elektrischen Ruderanlagen dreht ein Elektromotor im allgemeinen über ein Ritzel oder eine Schnecke einen **Ruderquadranten**, ein viertelkreisförmiges Segment mit Zahnkranz, das lose auf dem Ruderschaft sitzt und mit der Pinne durch starke Federn verbunden ist. In hydraulischen Ruderanlagen wird die Pinne von einem Drehkolben, zwei bzw.



2 Anbringung des Ruders (Profiltruder)

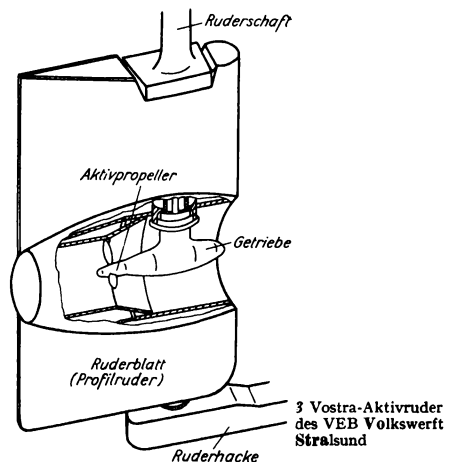
vier Tauchkolben oder einem bis drei Paar Hydraulikzylindern (Drehkolben-, Tauchkolben- bzw. Standardzylinder-Rudermaschine) bewegt. Diese werden ihrerseits entsprechend der Richtung und Menge der von einer elektromotorisch angetriebenen Pumpe geförderten Ölmenge verstellt. Bei der elektrohydraulischen Steilgewinde-Rudermaschine wird durch den Öldruck ein Ringkolben mit Steilgewinde und zugleich der direkt damit gekoppelte Ruderschaft verdreht. Der Rudermaschinenantrieb wird heute meist durch elektrische Fernbedienung mittels einer Druckknopfsteuerung oder eines Steuerrades ein- und ausgeschaltet; ein direktes Ruderlegen mit dem Steuerrad über Schubstangen, Taljen, Seilzüge u. dgl. ist nur noch bei Booten und sehr kleinen Schiffen üblich. Große Seeschiffe haben häufig eine Selbststeueranlage (→ Kompaß).

Formen. Die einfachste Form ist das nur noch selten verwendete **Plattenruder**, das aus einer Holz- oder Stahlplatte besteht und bei dem die Drehachse an seiner Vorderkante verläuft. Das **Profiltruder** stellt einen hohlen, tragflügelartigen Blechkörper dar; sein Wasserwiderstand ist auf Grund seines stromlinienförmigen Querschnitts viel kleiner. Seine Drehachse liegt normalerweise dicht hinter der Vorderkante. Viele R. werden als **Balanceruder** gebaut (z. B. Simplex-Balanceruder), bei denen ein beträchtlicher Teil der Ruderfläche vor der Drehachse liegt, so daß zum Ruderlegen weniger Kraft nötig ist als bei nicht-ausbalancierten R.n.

Beim **Seebeck-** und **Oertzruder** ist auch der Ruderstevn stromlinienförmig verkleidet und bildet einen Teil des Profils; diese Ruderarten haben dadurch eine sehr gute Steuerwirkung.

Unter **Aktivruder** versteht man ein R. mit eingebautem, von einem Elektromotor angetriebenem kleinem Propeller. Sein von einer Düse zusammengefaßter Strahl aktiviert, d. h. verbessert die Steuerwirkung und damit die Manövrierfähigkeit des Schiffes. Über das **Düsenruder** → Düse.

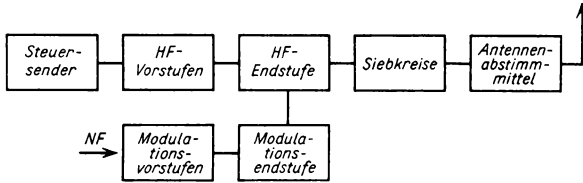
Schweberuder sind Profiltruder (Balanceruder), die am Ruderschaft hängen, also selbst keine Verbindung mit dem Schiff haben. **Halbschweberuder** sind außerdem in halber Höhe am Ruderstevn gelagert. Binnenschiffe sind, um keinen zu großen Tiefgang und dennoch eine genügend große Ruderfläche zu haben, meist mit einem



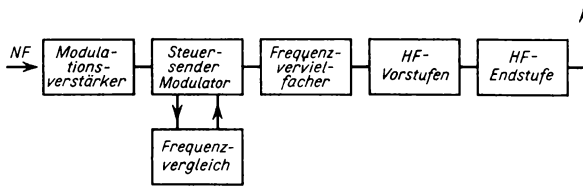
Mehrflächenruder ausgerüstet, z. B. dem dreiflächigen **Jenckelruder** oder **Hitzleruder**.

Schiffe, die besonders manövrierfähig sein müssen, wie Fährschiffe, weisen mitunter ein zusätz-

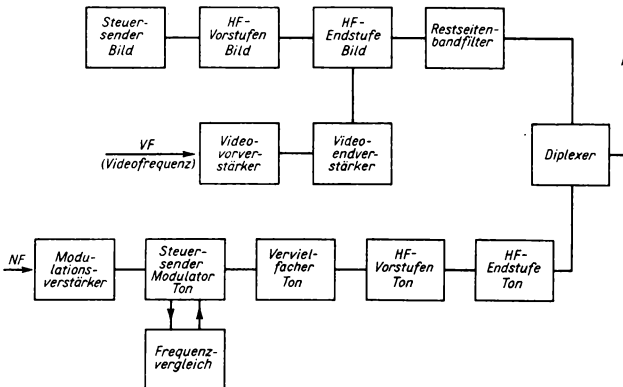
fen erfolgt die weitere Verstärkung, die Senderleistung wird dann in der HF-Endstufe erzeugt. Der Fernsehgrundfunk wird auf folgenden Frequenzbereichen (\rightarrow Band) betrieben: 41 bis 68 MHz (Band I), 174 bis 230 MHz (Band III) und 470 bis 790 MHz (Band IV/V). Jeder *Fernsehgrundfunksender* besteht aus einem Bild- und einem Tonsender, wobei der Bildsender amplitu-



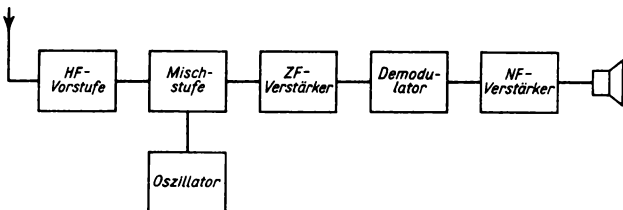
1 Blockschema eines KML-AM-Senders



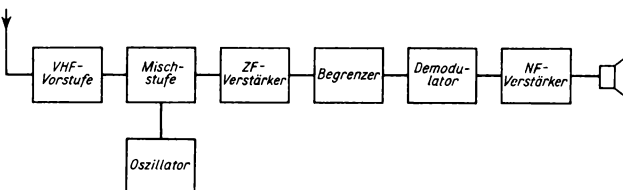
2 Blockschema eines UKW-FM-Senders



3 Blockschema eines Fernsehsenders



4 Blockschema eines AM-Tonrundfunkempfängers



5 Blockschema eines FM-Tonrundfunkempfängers

denmoduliert, der Tonsender frequenzmoduliert ist (Abb. 3). Als Bildsenderleistung wird 1 bis 50 kW eingesetzt. Der Tonsender hat eine geringere Leistung (Leistungsverhältnis Bild- zu Tonsender genormt zur Zeit mit 5:1). Der Tonsender ist im prinzipiellen Aufbau identisch mit einem UKW-FM-Sender. Die Bildträgerfrequenz wird mit Hilfe eines Quarzgenerators im Steuer-sender/Bild erzeugt. In den HF-Vorstufen/Bild und der HF-Endstufe/Bild wird der HF-Träger auf die vorgesehene Leistung gebracht. Das Video- oder Bildsignal wird im Videovorverstärker und Videoendverstärker auf die zur Modulation benötigte Leistung gebracht. Der Sender ist hier ebenfalls endstufenmoduliert. Nach der HF-Endstufe/Bild folgt das Restseitenbandfilter, das entsprechend der Fernsehnorm im Frequenzspektrum des modulierten HF-Signals ein Seitenband bis auf einen Rest in der Nähe des Bildträgers unterdrückt. Man nennt dieses Verfahren *Restseitenbandübertragung*. Bild- und Tonsenderausgangssignal vereinigen sich in einer Einrichtung, die *Diplexer* oder *Bild-Ton-Senderweiche* genannt wird. Dieser Baustein ist eine umfangreiche Filteranordnung (in den für Fernsehgrundfunksender in Frage kommenden Frequenzbereichen in Form von \rightarrow Topfkreisen realisiert), deren Aufgabe darin besteht, beide Senderleistungen reflexionsarm zu vereinigen und über ein Energiekabel einer gemeinsamen Antenne zuzuleiten. Weiterhin sollen Rückwirkungen zwischen beiden Sendern vermieden werden.

2) **Antennen für Rundfunkzwecke.** Im Lang- und Mittelwellenbereich werden auf der Sendeseite vorwiegend selbstschwingende Vertikalantennen und Dreieck-Flächenantennen, auf der Empfangsseite L-Antennen und Stabantennen verwendet. Im Kurzwellengebiet nimmt man meistens auf der Sendeseite Vertikalreusen, logarithmisch-periodische Antennen, Rhombusantennen, Dipolgruppen und Tannenbaumantennen, auf der Empfangsseite Antennen wie bei Lang- und Mittelwelle. Im UKW- und Dezimeterbereich (Band I bis V) werden im allgemeinen auf der Sendeseite Dipolfelder, auf der Empfangsseite Yagi-antennen eingesetzt. Weiteres \rightarrow Antennen.

3) **Rundfunkempfänger.** Tonrundfunkempfänger im Frequenzbereich unterhalb 30 MHz (Kurz-, Mittel- und Langwellenbereich) sind für den Empfang amplitudenmodulierter Rundfunksendungen ausgelegt (Abb. 4). Auf Grund der geringen zur Verfügung stehenden Bandbreite (9 kHz) kann prinzipiell nur bis zu einer oberen Grenzfrequenz von 4,5 kHz übertragen werden. Infolge der vorhandenen Überbelegung, vor allem des Mittelwellenbereiches, müssen die Empfänger eine noch kleinere Bandbreite aufweisen. Qualitätsempfang ist auf diesen Wellenbereichen praktisch ausgeschlossen. Die von der Antenne kommende Empfangsenergie wird in der HF-Vorstufe verstärkt. Die HF-Vorstufe trägt zur Selektion bei. Im Oszillator wird eine HF-Schwingung erzeugt, deren Frequenz bei Betätigung des Abstimmknopfes um den gleichen Betrag wie die Empfangsfrequenz verändert wird. Die Oszillatorfrequenz liegt im allgemeinen höher als die Empfangsfrequenz (\rightarrow Mischung), und zwar um den Betrag der konstanten Zwischenfrequenz (ZF). In der Mischstufe entsteht nun die ZF als Differenz zwischen Oszillator- und Empfangsfrequenz. Im ZF-Verstärker wird der größte Teil sowohl der Verstärkung als auch der Selektion realisiert. Nach diesem Verfahren arbeitende Geräte nennt man *Überlagerungsempfänger* (*Superheterodyneempfänger*, abg. *Superhet* oder *Super*) im Gegensatz zu den durch den technischen Fortschritt überholten *Geradeausempfängern*, bei denen die Empfangsfrequenz direkt verstärkt und demoduliert wird. Bei den Überlagerungs-

empfängern erfolgt anschließend die → Demodulation des amplitudenmodulierten Signals. Das den Demodulator verlassende NF-Signal wird nochmals verstärkt und dem Lautsprecher zugeführt.

Tonrundfunkempfänger im UKW-Bereich (Band II) sind für den Empfang frequenzmodulierter Sendungen ausgelegt (Abb. 5). Um hier Qualitätsempfang zu ermöglichen, arbeitet man mit voller Niederfrequenzbandbreite bis 15 kHz und großem Frequenzhub (± 75 kHz), was eine große HF-Bandbreite (200 kHz) bewirkt. Benutzt werden in der DDR Frequenzen von 87,5 bis 100 MHz, in den sozialistischen Ländern zwischen 66 und 73 MHz, in den westeuropäischen Ländern teils zwischen 87,5 und 100 MHz, teils zwischen 87,5 und 104 MHz und in den USA zwischen 87,5 und 108 MHz. Die Empfänger weisen eine durchschnittliche HF-Bandbreite von 120 kHz auf. Das ist weniger als die obengenannte und ergibt sich aus den hohen Anforderungen an die Nachbarkanalselektion. Praktisch ergibt sich keine merkbare Beeinträchtigung, da die hohen Frequenzen der Modulationsfrequenz selten mit hoher Amplitude vorkommen. Die Antennenenergie wird in der VHF-Vorstufe verstärkt. Eine wichtige Funktion hat die Vorstufe außerdem noch hinsichtlich der ungewollten Strahlung des Oszillators, die im Prinzip über die Antenne nach außen gelangen könnte. Sie trennt den Oszillator von der Antenne. Vielfach sind Oszillator und Mischstufe vereinigt, man spricht dann vom *selbstschwingenden Mischer*. Im VHF-Bereich wird wegen des kleineren Rauschens fast ausschließlich das Prinzip der additiven → Mischung verwendet. Naturgemäß liegt auch hier der größte Teil der Verstärkung und Selektion im ZF-Verstärker. Der Begrenzer hat hier einerseits die Aufgabe, dem Demodulator einen einigermaßen konstanten ZF-Pegel zu liefern, andererseits die an sich amplitudenkonstanten FM-Schwingungen von im Übertragungsweg überlagerten Störampplituden zu befreien, da sich diese nach der Demodulation als Verzerrungen der NF bemerkbar machen. Das demodulierte NF-Signal wird dem NF-Verstärker und danach dem Lautsprecher zugeführt.

Analog zum Fernsehrundfunksender ist der Fernsehrundfunkempfänger im Prinzip ein kombinierter AM/FM-Empfänger, wobei AM sehr breitbandig ist. Aufbau und Wirkungsweise → Fernsehen.

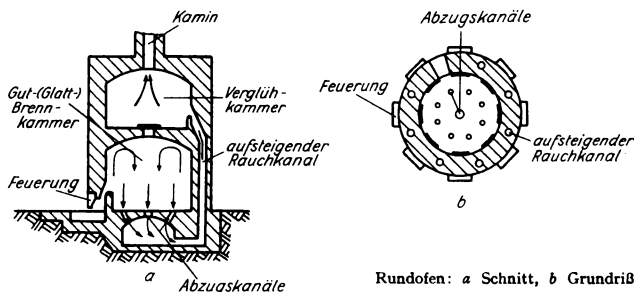
Lit. Bergtold: Die große Rundfunk-Fibel (11. Aufl. Berlin 1964); Diefenbach: Praxis der Rundfunk-Stereophonie (Berlin 1965); Katzewel: Rundfunk- und Fernsehgeräte und ihre elektronischen Bauelemente (Leipzig 1964); Klimczewski: ABC der R. (dtisch Berlin 1963); Pabst: Bauelemente der R. (4. Aufl. Berlin 1965); Pitsch: Einführung in die Rundfunkempfangstechnik (4. Aufl. Leipzig 1962); Lehrs: Die Funkempfangstechnik, insbesondere der Rundfunkempfangstechnik, 2 Bde (4. Aufl. Leipzig 1963/64); Ztschr. radio und fernsehen (Berlin).

Rundhämmern, s.v. → Rundkneten.

Rundkneten, **Rundhämmern**, mechanisiertes Streckschmieden von rotationssymmetrischen Außen- und Innenprofilen. Das R. wird auf einer **Rundknetmaschine** als Kalt- oder Warmumformung, besonders bei gestuften Wellen, durchgeführt. Ein als Vorform benutzter Rundstab wird einseitig eingespannt, in Drehung versetzt und während seines Axialvorschlubes durch drei oder vier schnellschlagende, über einen Exzenterantrieb radial bewegte Werkzeugbacken gestreckt. Während des Umformens wird durch Veränderung der Exzentrizität die Zustellung der Werkzeugbacken vorgenommen. Beim **Innenrundkneten** wird ein Profildorn in ein Hohlteil gesteckt und der Hohlkörper auf den Dorn geschmiedet. Die Genauigkeit beim R. von Außenprofilen beträgt etwa $\pm 0,2$ mm, bei Innenprofilen können $\pm 0,1$ mm erreicht werden. Rundknet-

maschinen werden in waagerechter oder senkrechter Bauweise ausgeführt, der Arbeitszyklus ist vielfach programmgesteuert.

Rundofen, ein periodisch arbeitender zylindrischer keramischer Brennofen zum Brennen von Porzellan, Steingut, Steinzeug, Majolika, Fayence, Kunstkeramik und technischen keramischen Erzeugnissen. Ein R. ist meist zwei-, seltener dreistöckig gebaut (Etagenofen). Die Beheizung erfolgt häufig noch mit Kohle; um den R. wirtschaftlicher zu gestalten, wird Umstellung auf Gasfeuerung und Brennen im Verbundsystem angestrebt. Rundöfen besitzen nur eine Nutzwärme von 3 bis 5%; die Brenntemperatur beträgt je nach Ware zwischen 1200 bis 1450 °C, die Brenndauer 20 bis 80 Stunden. Das Ofenmauerwerk ist mit Stahlreifen verkeilt und mit



Rundofen: a Schnitt, b Grundriß

aufsteigenden Rauchkanälen versehen. Die Flamme gelangt aus den Feuerkästen bis zum Gewölbe des zuunterst liegenden Glatt- oder Gutbrennraumes, in dem der Glatt- oder Gutbrand der in Kapseln stehenden Ware erfolgt. Dann wird die Flamme durch die aufsteigenden Rauchkanäle in die darüberliegende Glüh- (Verglühkammer) gezogen, in der das Verglühn der zu brennenden Ware erfolgt. Bei Vorhandensein einer dritten Etage werden in ihr Schamottekapseln vorgebrannt (→ Porzellan).

Rundspulinstrument, → Dreheiseninstrument.

Rundsteueranlagen, → Fernsteuerung.

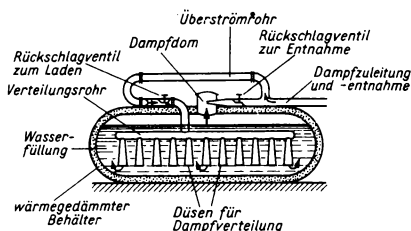
Rundstrahler, → Antenne.

Ruß, eine Modifikation des Kohlenstoffs mit wechselnden Anteilen an Wasserstoff und Sauerstoff. Er scheidet sich aus den Verbrennungsgasen organischer Stoffe bei Verbrennung unter Luftabschluß ab. Man unterscheidet heute zwischen Gasruß und Spaltruß. **Gasruß** wird aus Teerölen erzeugt oder (in den USA) nach dem Channel- und Furnace-Verfahren durch unvollständige Verbrennung von Erdgas oder flüssigen Begleitprodukten des Erdgases (höhere Paraffinkohlenwasserstoffe). **Spaltruß** wird durch thermische Spaltung von flüssigen Kohlenwasserstoffen oder von Äthin gewonnen. Man verwendet R. heute in großen Mengen in der Gummiindustrie, z. B. als Füllstoff für Kautschuk und bei der Reifenherstellung, sowie in der Farbenindustrie.

Ruthenium, **Ruthen**, Symbol Ru, chemisches Element aus der VIII. Nebengruppe des Periodensystems, ein Platinmetall, Edelmetall; Ordnungszahl 44, Massenzahlen der Isotope 102, 104, 101, 99, 100, 96 und 98, Atomgewicht 101,07 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist IV, seltener II, III, V, VI, VII und VIII, D. $12,304 \text{ g cm}^{-3}$, F. 1950 °C; 1845 von Klaus entdeckt. R. ist grau oder silberweiß, sehr spröde, leicht pulverisierbar und löst sich nur in Königswasser. Es gehört zu den seltensten Metallen der Erde und tritt als Begleiter des Platins und in dem sehr seltenen Mineral Laurit RuS_2 auf. Vornehmlich wird es aus Platinrückständen gewonnen. R. dient als Legierungsbestandteil für Platin, dem es eine größere Härte verleiht, z. B. zur Herstellung von Spindnüssen für die Kunstseidenspinnerei.

Rutherford, Kurzz. rd, nach dem englischen Physiker E. Rutherford benannte, nicht gesetzliche Einheit der Aktivität radioaktiver Substanzen. $1 \text{ rd} = 10^6 \text{ tps}$ (transmutations per second = Kernzerfallsakte je Sekunde) = $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ Ci}$ (Curie).

Ruthspeicher, eine nach dem schwedischen Ingenieur Ruths benannte Anlage zum Speichern von Wärme, die bei Bedarf zur Krafterzeugung herangezogen wird. Der R. ist die bekannteste Bauart der Gefällespeicher. In einen gut wärmeisolierten Stahlbehälter, der bis zu 90 % mit



Ruthspeicher

heißem Wasser gefüllt ist, wird durch Dampf-düsen überschüssiger Dampf eingeblasen. Der Dampf kondensiert im Wasser, wobei Druck und Temperatur steigen. Das Wasser befindet sich stets im Siedezustand. Bei Dampfantnahme fällt der Druck, wodurch so viel Wasser nachverdampft, bis das Gleichgewicht zwischen Druck und Temperatur wiederhergestellt ist.

Lit. Pauer: Einführung in die Kraft- und Wärme-wirtschaft (2. Aufl. Dresden 1964).

Rutil, ein seltenes Mineral, TiO_2 ; tetragonal, blutrot bis braunrot, auch schwarz (**Nigrin**), Härte nach Mohs 6 bis 6,5, D. $4,26 \text{ g cm}^{-3}$. R. ist eine der Modifikationen von Titandioxid. Er findet sich säulen- bis haarförmig, häufig verzwillingt, oft in andere Minerale (z. B. Quarz, Korund, Granat) eingewachsen. R. wird z. B. zur Herstellung von Titanmetall und Ferrotitan verwendet, ferner in der keramischen Industrie und als Detektor in der Radiotechnik.

Rutsche, ein Fördermittel ohne mechanischen Antrieb unter Ausnutzung der Schwerkraft. Die R. dient zur stetigen Förderung von Schüttgut (Kohle, Getreide, Salz, Steine u. a.) und auch Stückgut (Säcke, Pakete u. a.). Sie besteht aus einer rinnenförmigen Holz- oder Blechgleitbahn, die entweder schräg gelagert (**Schütttrinne**, **Schrägrutsche**) oder schraubenförmig gewunden ist (**Wendelrutsche**). Schüttelrutsche, → Schwingförderer.

Rüttler, svw. → Vibrator.

Rydbergkonstante, Zeichen R , in den Gleichungen für die Spektren der Atome auftretende grundlegende Konstante der Atomphysik:

$$R = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3 c} = 109737,309 \text{ cm}^{-1}$$
, wobei h = Plancksches Wirkungsquantum, c = Lichtgeschwindigkeit, e = Elektronenladung, m = Elektronenmasse. Die R. wurde nach dem schwedischen Physiker Rydberg benannt.

Ryshkow-Fase, → Drehen.

s, Kurzz. für → Sekunde.

°, 1) Kurzz. für → Sekunde (als Zeitpunkt). 2) Kurzz. für → Zeitwinkelsekunde.

S, 1) Symbol für → Schwefel. 2) Kurzz. für → Siemens. 3) Abk. für Süden. 4) S , Zeichen für → Entropie. 5) S , Zeichen für → Fläche. 6) S , Zeichen

für elektrische → Stromdichte. 7) R , Vorsilbe zur Kennzeichnung der Konfiguration von Molekülen aller Asymmetrieformen, vor allem von Naturstoffen mit mehreren Asymmetriezentren.

Saale-Glas **feuerfest**, Wz., → Glas.

Saatgutbereiter, **Saatgutreinigungsanlage**, eine Maschine, die Saatgut meist in einem Durchgang in der erforderlichen Reinheit aufbereitet. Sie ist mit Windfegen, Sieben und einem Trieur versehen, die Spreu und andere Beimengungen abscheiden und das Saatgut sortieren. Gewöhnlich ist hinter dem S. ein Beizapparat aufgestellt. Der Antrieb der verschiedenen Aggregate erfolgt durch einen Motor.

Sacharase, **Invertase**, ein zu den glykosidspaltenden Hydrolasen gehörendes Ferment, das in der Hefe vorkommt und Saccharose (Rohrzucker) in Glukose (Traubenzucker) und Fruktose (Fruchtzucker) spaltet.

Sacharide, svw. → Kohlenhydrate.

Sacharimetrie, die Bestimmung des Zuckergehaltes von wäßrigen Lösungen. Der Zuckergehalt einer Lösung kann gemessen werden an Hand ihres optischen Drehungsvermögens mit einem Polarisationsapparat (**Sacharimeter**), ihrer Lichtbrechung mit einem Refraktometer oder ihrer Gärungsfähigkeit mit einem Gärungs-sacharimeter. Der Zuckergehalt wird aus den gemessenen Werten mit Hilfe von empirischen, international festgelegten Tabellen ermittelt. Bei reinen Zuckerlösungen kann man durch Bestimmung ihrer Dichte mit einem Aräometer den Zuckergehalt unmittelbar in Masseprozenten an der für diesen Zweck in Balling-Graden geeichten Aräometerskala ablesen. Bei unreinen Zuckerlösungen erhält man durch Bestimmung mit dem Aräometer und Refraktometer nicht den Zuckergehalt, sondern annähernd den Trockensubstanzgehalt.

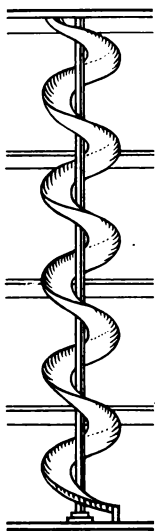
Sacharin, → Süßstoffe.

Sacharose, **Rohrzucker**, **Rübenzucker**, ein aus D-Glukose und D-Fruktose aufgebautes Disaccharid. S. bildet süßschmeckende, weiße, monokline Kristalle (F. 179 bis 180°C), die sich in Wasser leicht, in Alkohol wenig lösen. In neutral reagierender Lösung wird die Ebene des polarisierten Lichtes nach rechts gedreht. Auf dieser Drehung beruht die optische Methode der Bestimmung des Zuckergehaltes einer Lösung (→ Sacharimetrie). S. wird von Fehlingscher Lösung nicht reduziert. Mit Basen der Alkali- und Erdalkaligruppe verbindet sie sich zu **Sacharaten**, die jedoch schon durch Kohlendioxid wieder zerlegt werden. Bei der Oxydation von S. entsteht Weinsäure, Oxalsäure oder Zuckersäure. Beim Erhitzen auf 200°C geht S. in den braungefärbten Karamel über. Durch Einwirkung verdünnter Säuren oder von Fermenten wird S. zu gleichen Teilen in D-Glukose und D-Fruktose hydrolysiert, es entsteht der linksdrehende **Invertzucker**, der auch Hauptbestandteil des Bienenhonigs ist. Im Pflanzenreich findet sich S. sehr weit verbreitet. Die technische Gewinnung von S. (→ Zuckergewinnung) erfolgt vor allem aus der Zuckerrübe oder dem Zuckerrohr. Die chemische Synthese gelang 1953. S. ist ein wichtiges Nahrungs- und Genußmittel und auch in der chemischen Industrie in zunehmendem Maße ein bedeutender Rohstoff. Gesättigte Sacharoselösung dient zur Haltbarmachung von Früchten, da sie von Hefen nicht vergoren wird. Derivate von S., z. B. Ester und Äther, werden als Detergenzien, Emulgatoren (für Fett- und Erdölindustrie), Trocknungsmittel in der Textilindustrie, Pharmazeutika, Plastika-toren, Bakterizide u. a. verwendet (**Sucrochemie**).

SAE-PS, → Verbrennungsmotor.

Saffian, ein → Leder.

Safrol, 4-Allyl-1,2-methylenedioxybenzol, eine farblose Flüssigkeit (Kp. $235,9^\circ \text{C}$). Beim Einwirken von Alkalien lagert sich S. zu Isosafrol



Wendelrutsche

(Kp. 254 °C) um. S. findet sich hauptsächlich im Sassafras- und Kampheröl und kann daraus gewonnen werden. Es wird zur Herstellung von Riechstoffen, Arzneimitteln, Insektiziden und Piperonal verwendet.

Sägen, ein Verfahren der spanenden Formung zum Abtrennen oder Schlitten von Werkstücken aus Holz, Metall, Plast u. a. Als Werkzeug wird ein scheibenförmiges rotierendes oder streifenförmiges geradlinig hin- und herbewegtes Sägeblatt in Handsägen oder Sägemaschinen benutzt, das mit einer Vielzahl von Schneiden (Zähnen) versehen ist. Zahnformen sind Dreiecks-, Spitzwinkel-, Haken-, Wolfszahn und Gruppenzahnungen für Grob- und Feinschnitt.

Beim S. schneiden die Zähne kleine Späne aus dem Werkstoff heraus, die sich im Spanraum vor der Spanfläche sammeln und beim Austritt des Sägeblatts aus dem Werkstück herausbefördert werden. Damit das Sägeblatt in der Schnittfuge nicht klemmt, werden die Zähne z. B. *geschränkt*, d. h. abwechselnd nach rechts und links abgebogen, oder es wird durch Stauchen eine Verbreiterung der Zahnspitzen gegenüber der Dicke des Sägeblatts vorgenommen.

1) **Holzbearbeitung**. Die hier verwendeten **Handsägen** werden in Spannsägen, Steifsägen und Zugsägen eingeteilt. Bei den **Spannsägen** erhält das Sägeblatt die nötige Spannung durch ein Gestell oder einen Bügel (Gestellsäge, Bügelsäge, Laubsäge). Bei den **Steifsägen** ist das Sägeblatt entweder selbst steif oder entsprechend verstärkt (Fuchsschwanz, Stichsäge, Rebsäge). **Zugsägen** erhalten ihre Spannung während des Arbeitsvorgangs (Schrotsäge).

In **Sägemaschinen** wird das Sägeblatt durch einen Motor bewegt. Entsprechend der Schnittbewegung unterscheidet man Hub-, Band-, Ketten- und Kreissägemaschinen. **Hubsägemaschinen** haben eine hin- und hergehende Schnittbewegung. Sie dienen als Gattersägen (Tafel 32) zum Trennen von Stämmen in Schnittholz. Bei **Band- und Kettensägemaschinen** läuft ein endloses bandförmiges Sägeblatt bzw. eine mit Zähnen versehene Laschenkette um. Zu ihnen gehören Blockbandsägemaschinen und Trennbandsägemaschinen. **Kreissägemaschinen** haben eine kreisende Schnittbewegung. Pendel- oder Parallelschwingsägen haben ein ortsbewegliches Sägeblatt und dienen zum Querschneiden von Schnittholz. Besäumkreissägemaschinen haben ein oder mehrere Sägeblätter, die teilweise während des Betriebes axial verschiebbar, auf einer ortsfesten Welle angeordnet sind. Sie werden zum Absägen berindeter Teile von Brettern und Bohlen in Längsrichtung benutzt. Im Tischlereibetrieb findet man die Tischkreissäge mit Vorrichtungen zum Winkel- und Gehrungsschnitt.

Von Band- und besonders Kreissägemaschinen gibt es vielfältige Spezialausführungen, z. B. die automatische Bandsäge zum Querschneiden von Schichtnutzholz für die Spanplattenfertigung, Formatkreissägen zum Längs- und Querschneiden von Platten, Taumelkreissägen zum Erzeugen von Nuten, Mehrblattkreissägen (bis 16 Blätter) zum Zuschneiden von Bohlen, Brettern, Latten, Leisten und ortsbewegliche Handkreissägen für Zimmerleute.

2) **Metallbearbeitung**. **Metallhandsägen** sind Bügelsägen; das Sägeblatt hat eine feinere Zahnteilung als Holzsägen. Leichtmetallsägeblätter haben schräge Schneiden und einen ausgerichteten Spanraum. Für das maschinelle Sägen von Metall bevorzugt man Bügelsägemaschinen und Kreissägen. Bei **Bügelsägemaschinen** wird das Werkstück durch ein hin- und herbewegtes Sägeblatt getrennt, und zwar im Gegensatz zur Handbügelsäge, die auf Stoß arbeitet, beim Hergang (Zug). Die Sägeblätter von **Kreissägen** werden von oben, von unten oder von der Seite gegen

das Werkstück bewegt, und zwar im allgemeinen hydraulisch. Sägeblätter mit einem größeren Durchmesser werden mit Einzelzähnen oder Zahnsegmenten aus gehärtetem Stahl oder Hartmetall bestückt. Beim Trennen mit Maschinsägen muß das Werkzeug stets mit Seifenwasser oder Bohrl gekühlt werden. Je nachdem, ob das Werkstück in kaltem oder glühendem Zustand getrennt wird, spricht man auch von Kalt- und Warmsägen.

Reib- oder Schnelltrennsägen haben als Trennelement eine sehr schnell rotierende (bis zu 140 m/s), glatte, am Rand aufgerauhte Stahlscheibe, die gegen das Werkstück gedrückt wird und dieses auf Grund der entstehenden Reibungswärme durchschmilzt.

3) Für das Trennen von Platten werden meist Kreissägeblätter mit Hartmetallbestückung verwendet.

Auch Naturstein, wie Granit, Marmor u. a., wird durch Sägen getrennt.

Lit. Rabe u. Lerche: Schleifen – Feilen – S. (6. Aufl. Leipzig 1952); Hacke: Die Motorkettensäge und andere Sägemaschinen (2. Aufl. Berlin 1961); Kopke u. Schietzel: Allgemeine Grundlagen der Sägemaschinen (Leipzig 1963).

Säkularvariation, → Erdmagnetismus.

Salband, im Bergbau die Grenzfläche eines Ganges gegen das Nebengestein.

Salizylsäure, *o*-Hydroxybenzoesäure, $C_6H_4(OH)-COOH$, eine Phenolkarbonsäure (F. 158 °C). In der Natur kommt S. frei z. B. in den Blättern und Stengeln von Tulpen und Hyazinthen, als Ester oder Glykosid in vielen ätherischen Ölen vor. Synthetisch gewinnt man S. nach der Kolbe-Schmitt-Reaktion durch Einwirkung von Kohlendioxid auf Natriumphenolat bei 125 °C und 4 bis 7 at. S. ist Ausgangsmaterial für die Azetylsalizylsäure, ferner dient sie zur Herstellung von Riechstoffen und von Azofarbstoffen. Medizinisch werden Natriumsalizylat und Salizylsäuremethylester eingesetzt, letzterer außerdem in der Riechstoffindustrie und in der Mikroskopie als Aufhellungsmittel.

Salmiak, Ammoniumchlorid, → Ammonium ...

Salpeter m, im weiteren Sinne Sammelbezeichnung für synthetisch hergestellte oder natürlich vorkommende Nitrate. **Kalisalpeter** (**Konversionssalpeter**, **Salpeter** im engeren Sinne), chemisch Kaliumnitrat KNO_3 , bildet farblose Prismen. Er bildet sich bei Verwesung stickstoffhaltiger organischer Stoffe in Gegenwart von Kaliumkarbonat und -hydroxid. In der DDR gewinnt man ihn durch Zersetzung von Kaliumkarbonat oder Neutralisation von Kalilauge mit Salpetersäure. Ferner erhält man ihn durch Umsetzung (Konversion) von Chilesalpeter (s. u.) mit Kaliumchlorid. Kalisalpeter dient z. B. als Düngemittel, Oxydationsmittel, zur Keramik- und Glasherstellung, in der Färberei und Druckerei, mit Eis gemischt als Kältemischung und als Tabakbeize. **Natronsalpeter**, chemisch Natriumnitrat $NaNO_3$, besteht aus farblosen Kristallen. Er kann als **Chilesalpeter** aus dem in Nordchile vorkommenden Caliche-Gestein durch Auslaugen gewonnen werden. Heute wird er jedoch meist synthetisch durch Umsetzung der durch katalytische Ammoniakverbrennung erhaltenen Salpetersäure mit Soda oder Natronlauge hergestellt. Man verwendet ihn als Düngemittel, in der Feuerwerkerei, mit Eis gemischt als Kältemischung, kaltgesättigt als Heizbadflüssigkeit u. a. **Kalksalpeter**, chemisch Kalziumnitrat $Ca(NO_3)_2$, bildet farblose, an der Luft zerfließliche Prismen. In der Natur kommt er als Nitrokalzit in Kalksteinhöhlen, z. B. in den USA (Kentucky), vor. Häufig bildet er sich bei der Fäulnis stickstoffhaltiger organischer Stoffe in Gegenwart von Kalk, z. B. als Ausblüfung von Stallwänden (**Mauersalpeter**). Technisch wird er heute durch

Salpeterdünger

Auflösen von Kalkstein oder Kalziumhydroxid in Salpetersäure und Eindampfen der Lösung hergestellt. Der technisch hergestellte Kalksalpeter, auch als **Norgesalpeter** bezeichnet, dient vor allem als schnell wirkendes Stickstoffdüngemittel, vereinzelt auch noch zur Herstellung von Kalksalpetersprengstoffen. **Ammonsalpeter**, chemisch Ammoniumnitrat NH_4NO_3 , bildet farblose, leicht zerfließliche Kristalle. Technisch erhält man ihn meist durch Umsetzung von Ammoniumsulfat mit Natriumnitrat. Er dient vor allem zur Herstellung von Düngemitteln und von Sicherheitsprengstoffen (\rightarrow Ammonsalpetersprengstoffe), ferner als Bestandteil von Kältemischungen. **Ammonsulfatsalpeter (Montansalpeter, Leunaspeter)** ist ein weißlich bis rotbraun gefärbtes Doppelsalz von Ammoniumnitrat und Ammoniumsulfat. Er stellt einen schnell und nachhaltig wirkenden Stickstoffdünger dar.

Salpeterdünger, \rightarrow Stickstoffdüngemittel.

Salpeter-Prozeß, \rightarrow Kernfusion.

Salpetersäure, HNO_3 , die beständigste Sauerstoffsäure des Stickstoffs. S. ist in reinem Zustand eine wasserklare Flüssigkeit; D. 1,522 g cm^{-3} , F. 41,65 °C, Kp. 84 °C. Unter Lichteinwirkung zersetzt sie sich und gibt dabei Stickstoffdioxid NO_2 ab, das sich in der S. löst, sie gelb bis rot färbt und ihr einen stechenden Geruch verleiht. Im Handel sind: **starke S. (rote rauchende S.)**, eine etwa 98%ige Säure; **konzentrierte S.**, eine 69,2%ige Säure; **verdünnte S.**, die etwa 25%ig ist. S. wirkt stark ätzend, stark oxydierend, ist mit Wasser unbegrenzt mischbar und löst Metalle, außer Gold, Platin, Iridium, Rhodium und Ruthenium, energisch auf. Manche Metalle, z. B. Eisen, werden jedoch nur von verdünnter S. angegriffen, in hochkonzentrierter S. sind sie dagegen unlöslich (Passivität). Da man mit S. Silber aus einer Legierung mit Gold herauslösen kann, nannte man die Säure früher **Scheidewasser**. Die Salze der S. heißen **Nitrate**.

Gewinnung. S. wird großtechnisch durch katalytische Ammoniakverbrennung nach dem **Ostwald-Verfahren** gewonnen. Ammoniak wird in einer Mischkammer mit Luft im Verhältnis 1:10 gemischt. Nach Vorwärmen in einem Wärmeaustauscher wird das Mischgas in Kontaktöfen sehr rasch über einen Katalysator (Netze aus Platin oder einer Platin-Rhodium-Legierung) geleitet, wobei Stickstoffmonoxid NO und Wasserdampf entstehen. Die Reaktion ist exotherm; die entstehende Wärme wird an den Wärmeaustauscher abgegeben. Die Kontaktverweilzeit muß sehr kurz sein und die Wärmeabfuhr rasch erfolgen, da sonst nur Stickstoff gebildet wird. Das gebildete NO wird nach Verlassen des Kontaktöfens durch den überschüssigen Sauerstoff zu Stickstoffdioxid NO_2 oxydiert und in einer Reihe von Absorptionstürmen mit Wasser zu Salpetersäure umgesetzt. Das Gemisch der Stickstoffoxide nennt man **nitrose Gase**. Jeweils in

einem Absorptionsturm rieselt dem aufsteigenden Gas verdünnte S. entgegen, die in einem zweiten Turm aus dem nicht umgesetzten NO_2 und Wasser gebildet wurde. In der Praxis sind zahlreiche solcher Turmpaare hintereinandergeschaltet. Da eine völlige Umsetzung der nitrosen Gase zu S. nicht möglich ist, werden die Restgase in einer alkalischen Absorption zu Nitraten umgesetzt. Das geschieht wieder in Absorptionstürmen, wobei dem Gas eine Lauge, z. B. Natronlauge, entgegenrieselt. Dabei bilden sich die entsprechenden Nitrate und Nitrite. Das Nitrat-Nitrit-Gemisch wird anschließend mit Sauerstoff behandelt und dabei das Nitrit zu Nitrat oxydiert. Die bei der sauren Absorption anfallende S. ist etwa 50%ig. Sie kann durch Destillation bis etwa 68% konzentriert werden. Eine weitere Konzentrierung ist nur durch Destillation unter Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure oder Phosphorpentoxid möglich.

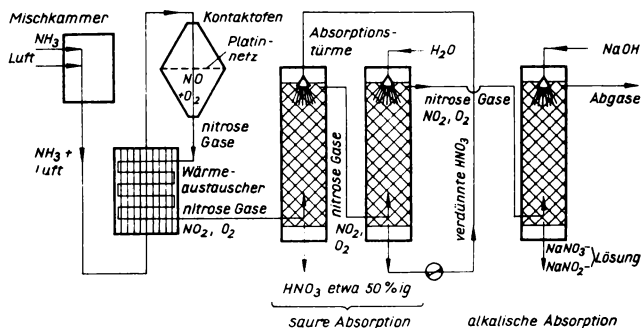
Verwendung. S. dient vor allem als Ausgangsprodukt für die Herstellung von Nitraten, von Schieß-, Spreng- und Farbstoffen sowie von Zellulosenitrat. Bei der Metallbearbeitung wird S. zum Beizen und Ätzen verwendet.

salpetrige Säure, HNO_2 , eine nur in stark verdünnter wäßriger Lösung bekannte Säure, die sehr reaktionsfähig ist. Man gewinnt sie durch Umsetzen ihrer Salze, der **Nitrite**, mit Säuren. S. S. und die Nitrite werden vor allem zur großtechnischen Herstellung von Azofarbstoffen verwendet.

Salvengeschütz, eine \rightarrow Raketenwaffe.

Salz, 1) **Kochsalz**, chemisch Natriumchlorid NaCl . Es kommt als **Halit (Steinsalz)** in großen, z. T. über 1000 m mächtigen Lagern in der Erde vor, in der DDR bei Staßfurt, Spereberg, Salzungen und Halle, in Westdeutschland bei Berchtesgaden und Reichenhall, ferner in Österreich (Salzkammergut), in der UdSSR (Donezbecken und ukrainisches Karpatenvorland), in Polen (Wieliczka), Rumänien (Transsilvanien), Frankreich (Elsaß), Spanien (Katalonien), Großbritannien, Ungarn, Italien und in den USA. Die Lager sind aus Salzseen oder Meeresteilen abgeschieden. Im Meerwasser ist NaCl als **Seesalz** enthalten, im Weltmeer zu etwa 2,7%, im Mittelmeer zu 3% und in der Ostsee zu etwa 1%. Die Binnenseen mit dem höchsten Gehalt an NaCl sind der Eltonsee bei Wolgograd (UdSSR) mit bis zu 28%, der Große Salzsee in Utah (USA) mit 21%, die Karabugabucht am Kaspischen Meer mit 17% und das Tote Meer mit 8%. Ferner kommt Kochsalz in Mineralquellen vor.

Gewinnung. Das Steinsalz wird meist bergmännisch gewonnen. Ist es für die industrielle Weiterverarbeitung bestimmt, wird es z. T. nur zerkleinert. Zur Erzielung eines höheren Reinheitsgrades wird es in Löseteichen zu künstlicher Sole aufgelöst. Oft wird es auch bereits unter Tage zu Sole gelöst, die man dann zutage pumpt und gleich weiterverarbeiten kann. Auch als Salzquelle vorkommende natürliche Solen werden z. T. weiterverarbeitet. Die Aufbereitung der Sole zu **Siedesalz** erfolgt in den Salinen in Sättigungskästen, Klärbehältern und Kieseltränern. In Störpfannen mit Rührwerken werden zur Fällung von Sulfaten und Magnesiumsalzen Kalziumchlorid und Ätzkalk zugesetzt. Nach der Reinigung dampft man in großen, flachen Pfannen aus Eisenblech weiter ein. Hält man die Sole nahe am Sieden, so entsteht Feinsalz, bei etwa 60 °C Grobsalz und bei dazwischenliegenden Temperaturen Mittelsalz. Durch Zentrifugieren oder Filtrieren mit Zellenfiltern wird das Siedesalz von der anhaftenden Sole weitgehend befreit, in Trockentrommeln wird es anschließend getrocknet. Als Abfallprodukt bildet sich Pfannenstein, der als Lecksalz für Tiere verwendet wird. Am Mittelmeer, an der französischen Atlantikküste,



Herstellung von Salpetersäure nach dem Ostwald-Verfahren

im Südwesten der Iberischen Halbinsel, am Schwarzen Meer, in Mittelamerika und in Indien leitet man Meerwasser in als Salzgärten bezeichnete Becken, in denen das Wasser verdunstet und NaCl zurückbleibt.

Kochsalz ist durch geringen Gehalt an Magnesiumchlorid feuchtigkeitsanziehend und backt daher bei längerem Stehen zu Klumpen zusammen.

Verwendung. NaCl ist als Speisesalz für die Ernährung unentbehrlich. In der Technik ist es von außerordentlicher Bedeutung. Man verwendet es zur Gewinnung von Chlor, Natrium und Wasserstoff und deren Verbindungen, z. B. Salzsäure, Soda, Natriumsulfat und Natronlauge, ferner in der Seifen- und Farbenindustrie, zur Konservierung von Häuten und Fellen, zum Haltbarmachen von Lebensmitteln, zur Herstellung von Kältemischungen sowie als Vieh- und Streusalz (mit Zusatz von Eisenoxid). In der Medizin wird eine wäßrige Lösung von Kochsalz zum Aufbewahren von lebenden Geweben verwendet (physiologische Kochsalzlösung).

2) → Salze.

Salzdom, svw. → Salzstock.

Salze, heteropolare Verbindungen (→ Bindung), die ein aus Kationen (positiv geladene Metall-, Halbmetall- oder Komplexionen, z. B. Na^+ , As^{3+}) und Anionen (negativ geladene Nichtmetall-, Halbmetall- oder Komplexionen, z. B. Cl^- , SO_4^{2-}) bestehendes Kristallgitter (Ionen-gitter) aufweisen. Die typischen S., zu denen besonders die Alkalihalogenide aus Alkalimetall- und Halogenionen gehören, bilden harte Kristalle mit hohem Schmelz- und Siedepunkt. Sie sind in Wasser meist gut löslich und ebenso wie in der Schmelze vollständig dissoziiert. Im Gegensatz zu den **neutralen S.n** (z. B. Na_2SO_4) sind bei den **sauren S.n** oder **Hydrosalzen** die H-Atome zwei- oder mehrbasiger Säuren nur teilweise durch salzbildende Kationen ersetzt (z. B. NaHSO_4). Beim Lösen neutraler S. kann infolge → Hydrolyse alkalische oder saure Reaktion auftreten. Mischkristalle aus zwei oder drei S.n bezeichnet man als **Doppelsalze** (z. B. KNaCO_3) bzw. **Tripepsalze**, die Sonderfälle der **Komplexsalze** (→ Koordinationslehre) darstellen. Man erhält S. vor allem durch 1) Neutralisation von Säuren und Basen oder Lösen von Oxiden in Säuren; 2) Lösen von Metallen in Säuren unter Wasserstoffentwicklung oder unter gleichzeitiger Reduktion der Säure; 3) unmittelbare Vereinigung der Elemente, z. B. von Metallen mit Chlorgas; 4) wechselseitiges Umsetzen von S.n, Fällen schwerlöslicher S., Verdrängen flüchtiger Säuren. Eine Reihe von S.n ist in gelöster Form von großer Bedeutung für das biologische Geschehen in Mensch, Tier, Pflanze.

Salzhorst, svw. → Salzstock.

Salzkohle, Braunkohle mit einem Gehalt an Natriumoxid Na_2O von mehr als 2% (in der wasserfreien Asche). Die in der Braunkohle enthaltenen Alkalisalze bilden bei der Verbrennung niedrig schmelzende Aschen, die starke Verschlackungen und Kesselverschmutzungen hervorrufen. Deshalb ist der wirtschaftliche Effekt stets geringer als bei der Verbrennung normaler Braunkohle, außerdem verfügbaren sich die Alkalisalze auf Grund ihres niedrigen Dampfdruckes in der Oxydationszone des Generators und bilden Niederschläge an den kälteren Generatorflächen. Hierdurch können an Druckgeneratoren sehr unerwünschte Korrosionen auftreten. S. kommt besonders in der DDR vor, und zwar südlich Halle (Lochau, Wallendorf) und in der Egelner Mulde bei Staßfurt.

Salzsäure, HCl, die wäßrige Lösung von Chlorwasserstoff. Reine S. ist eine wasserklare Flüssigkeit. Rohe S. ist meist 30- bis 33% ig und im allgemeinen durch Spuren von Eisensalzen gelb

gefärbt. Handelsübliche S.n sind: **rauchende (hochkonzentrierte) S.**, etwa 40% HCl, D. 1,19 bis 1,20 g cm^{-3} ; **konzentrierte S.**, etwa 24 bis 36% HCl, D. 1,12 bis 1,18 g cm^{-3} ; **verdünnte S.**, etwa 12,5% HCl, D. 1,06 g cm^{-3} , im Labor etwa 7% HCl, D. 1,035 g cm^{-3} . S. gehört zu den stärksten Säuren; sie löst unedle Metalle, z. B. Zink, Eisen, Zinn, unter Wasserstoffentwicklung. Im Gemisch mit Salpetersäure (→ Königswasser) löst sie auch die meisten Edelmetalle. Ihre Salze heißen **Chloride**. S. kommt in geringen Mengen im Magensaft der Menschen und Wirbeltiere vor. Zur Herstellung von S. läßt man Chlorwasserstoff in Rieseltürmen herabrieselndem Wasser entgegenströmen. Dadurch wird eine vollkommene Sättigung des Wassers mit Chlorwasserstoff erreicht. Man verwendet S. als billigste technische Säure vielseitig, z. B. zur Herstellung von Chloriden in der Metallurgie, in der Gerberei und zur Entfernung von Kesselstein.

Salzstock, **Salzhorst**, **Salzdom**, **Salzmassen**, die in durch Gebirgsbildung (Tektonese) entstandenen Schwäche-zonen der Erdkruste die überlagernden Schichten ganz oder teilweise, stockförmig, domartig oder pilzförmig durchbrochen haben. Die durchbrochenen Schichten sind an den Flanken der Salzstöcke mitgeschleppt worden und bilden günstige Strukturen für die Bildung von Erdöllagerstätten. Bekannte Salzstockgebiete sind das Flachland im Norden Mitteleuropas, die amerikanische Golfküste, das Embagebiet in der Sowjetunion, Südpersien und Rumänien.

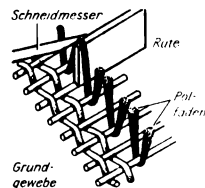
Samarium, Symbol Sm, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 62, Massenzahlen der Isotope 152, 154, 147, 149, 148, 150, 144; das Isotop ^{147}Sm ist schwach radioaktiv, Halbwertszeit 2,64 Jahre (β -Strahler). Atomgewicht 150,35 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, seltener II, D. 7,536 g cm^{-3} , F. 1052 °C, Kp. etwa 1900 °C; 1899 von Lecoq de Boisbaudran als Oxid entdeckt.

S. ist hellgrau, sehr schwer oxydierbar und kommt ziemlich häufig in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Man gewinnt S. durch Reduktion von Samariumoxid mit Zer oder Lanthan. Verwendet wird S. nur in Form von → Zer-Mischmetall. Das künstlich hergestellte Isotop ^{147}Sm dient in Form seiner Chloridlösung zur Dickenmessung von dünnwandigen Gegenständen, z. B. von Turbinenschaufeln für Strahltriebwerke. In der Medizin werden Samariumisotope zur Krebsbekämpfung verwendet.

Sämaschinen, Bezeichnung für eine Reihe verschiedenartiger Maschinen zur Aussaat von Körnerfrüchten. Zu den S. gehören die → Drillmaschine, die → Einzelkornsämaschine, die → Dibbelmaschine und die Breitsämaschine. Für die Aussaat von Mais gibt es Spezialsämaschinen (Maislegemaschinen). S. werden auch in Kombination mit Bodenbearbeitungsgeräten, Mineraldüngerstreuern u. a. verwendet.

Sammelroder, → Kartoffelvollerntemaschine. **Sammelschiene**, ein Leiter in Schaltanlagen, der die Verteilung des Stromes auf verschiedene Stromkreise ermöglicht. Als Leitermaterial verwendet man meist Aluminium oder Kupfer verschiedenen Profils je nach erforderlicher Strombelastbarkeit und Kurzschlußfestigkeit. In Innenraumschaltanlagen werden am häufigsten S.n mit rechteckigem Profil benutzt.

Ebenfalls als S.n werden die besonders in Freiluftschaltanlagen benutzten **Leiterseile** bezeichnet. **Samt**, ein Gewebe mit senkrecht von der Oberseite abstehenden Fasern (Flor). Auf besonderen Webmaschinen (Rutenwebmaschine) werden in ein Grundgewebe Kettfäden (Polfäden) über die



Herstellung von Samt

Rute, eine lange Metallnadel, eingebunden, so daß sie nach oben stehende Schlingen bilden, die dann meist beim Herausziehen der Rute mit einem feinen, am Rutenende befindlichen Messer aufgeschnitten werden (**Kettsamt**, echter S.). Ein Ketsamt mit hohem Flor ist der Plüsch. Beim **Schußsamt** werden auf dem Gewebe freiliegende Schußfäden (Polschüsse) in der Ausrüstung aufgeschnitten. **Waschsamt**, **Kordsamt**, **Manchester**, **Genuakord** sind Schußsamte mit längsverlaufenden Florrippen, sie werden für Berufskleidung, als Dekorations- und Kleiderstoff verwendet.

Samum m, der häufig mit Sandsturm verbundene heiße, trockene Wüstenwind in Nordafrika.

Sand, ein lockeres klastisches Sedimentgestein mit Korngrößen von 0,02 bis 2 mm Durchmesser. Nach der Korngröße unterscheidet man **Grob-sand**, **Mittelsand** und **Feinsand**. Am verbreitetsten ist **Quarzsand**; seine Körner sind oftmals gut abgerollt. Bei stärkerem Feldspatgehalt spricht man von **Arkose**. Auch nach starker Verwitterungsaulese können im S. noch eine Anzahl Mineralarten in geringen Mengen auftreten, vor allem Schwerminerale. Durch Eisenoxidhydrat wird S. bräunlich, durch kohlige Substanz braunschwarz gefärbt.

S. entsteht durch Sonderung von Verwitterungsprodukten und Klassierung durch bewegte Medien. Durch bewegtes Wasser wird **Fluß- oder Seesand** angehäuft, durch Wind **Dünensand**. Auch von den Schmelzwässern der pleistozänen Gletscher wurden S.e abgesetzt. **Schwimmsand** ist ein mit Wasser übersättigter feinkörniger S., der fließt, wenn er nach einer Seite entweichen kann. Durch Verfestigung entsteht aus S. Sandstein.

Reiner Quarzsand dient zur Glasherstellung, zur Reinigung von Wasser, Säuren und Laugen, schwachtoniger S. als **Formsand** (beim Metallguß), feinkörniger, noch kantiger S. zum Schleifen und für Sandstrahlbläse.

Sandschliff, svw. → Korrasion.

Sandstein, ein festes Sedimentgestein, das aus Sand durch Verkitung mit einem Bindemittel (→ Diagenese) entstanden ist. Außer Quarz als Hauptbestandteil können noch Glimmer und Feldspat (**Arkosesandstein**), Glaukonit (**Glaukonit-sandstein**) und Kalzit (**Kalksandstein**) als weitere wesentliche Gemengteile hinzutreten. Nach der Art des Bindemittels unterscheidet man tonigen, kalkigen und kieseligen S. Eisenhaltiger S. ist bräunlich gefärbt. S.e sind weit verbreitet und kommen in fast allen Formationen vor. Bekannt sind z. B. die meist farbigen S.e des **Buntsandsteins** in Thüringen, im Maintal, Schwarzwald und Odenwald und der **Quadersandstein** der oberen Kreide des Elbsandsteingebirges. S. wird verwendet als Werk-, Schleif-, Mühlstein, für Bildhauerarbeiten. Infolge seiner oft großen Porosität ist S. ein guter Grundwasserspeicher und auch ein gutes Speichergestein für Erdöl.

Sandstrahlen, → Strahlen.

Sandwichbauweise, **Verbundplattenbauweise**, eine Art des Leichtbaus, die zur Herstellung von Flugzeugteilen (→ Flugzeugbau), Kraftfahrzeugkarosserien, Bootsrümpfen, Waggonenden sowie Möbeln angewendet wird. Man verwendet Platten und Schalen (Kern), die — Sandwiches entsprechend — aus zwei festigkeitsmäßig beanspruchbaren Deckplatten (z. B. Blech, Sperrholz, Plast) und einer leichten Stützschiicht (z. B. Schaumstoff, Balsaholz und andere Leichtstoffe von kompakter bis verschiedenartig aufgelöster Struktur) oder aus einem Wabenkern aus Papier, Plast oder Leichtmetall aufgebaut sind. Die S. hat bei gleicher oder höherer Festigkeit den Vorteil, daß gegenüber den Vollwand- oder Massivmetall- oder Holzbauweisen erheblich die Masse verringert sowie eine bessere Form-

steifigkeit und meist noch eine bessere Wärme- und Schalldämmung erreicht wird. Nachteilig ist hauptsächlich der größere technologische Aufwand.

Sanforisieren, ein mechanisches Verfahren zur Krumpffrei-Ausrüstung (→ Permanent-Appretur) von Zellulosefaserstoffgeweben. Das Gewebe wird gestauch und krumpft dadurch in Kett- richtung, so daß es beim Waschen nicht mehr einläuft.

Sanidin, → Feldspäte.

SAP, Abk. für **Sinter-Aluminium-Pulver**, ein Sinterwerkstoff auf Aluminiumbasis, der sich durch gute Warmfestigkeit auszeichnet.

Saphir, ein → Korund.

Saponine, eine Gruppe von Naturstoffen (Pflanzenglykoside) mit terpen- und steroidartigem Aufbau. Auf Grund ihrer Grenzflächenaktivität bilden die S. stark schäumende wäßrige Lösungen. Sie wirken stark hämolytisch (d. h. sie zersetzen die roten Blutkörperchen) und sind deshalb sehr giftig. Cholesterin wirkt entgiftend. Man findet S. z. B. in der Kastanie, im Seifenkraut, in der Kornrade und im Efeu. Die S. wurden früher als Fischgift (Betäubung der Fische) verwendet.

Sapropel, svw. → Faulschlamm.

Sarder, eine Varietät des → Quarzes.

Sarin, ein → Nervengift.

Saros-Periode, der von den Chaldäern empirisch gefundene Zeitabschnitt von rund 18 Jahren 11 Tagen, nach dessen Ablauf sich die Sonnen- und Mondfinsternisse ungefähr in der gleichen Weise wiederholen.

Sassolin, → Bor.

Satellit m, 1) ein Himmelskörper (natürlicher S., **Trabant**, **Mond**), der sich um einen Planeten und mit diesem um die Sonne bewegt. Es sind 31 Monde bekannt; davon hat die Erde 1 Mond, der Mars 2, Jupiter 12, Saturn 9, Uranus 5 und Neptun 2 Monde. Merkur, Venus und Pluto haben keine Monde (s. Tabelle).

2) ein künstlich geschaffener Raumflugkörper, der einen Himmelskörper umkreist, → Erdsatellit, → Mondsatellit, → Raumfahrt.

Satellitenfernmeldetchnik, → Nachrichtensatellit.

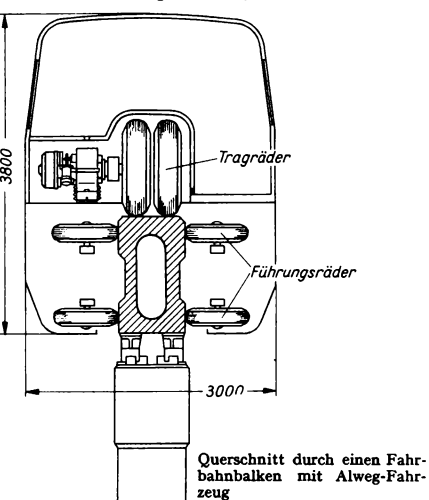
Satellitennavigation, die → Navigation auf Grund der Ortung, die sich aus der Beobachtung künstlicher → Erdsatelliten ergibt. Zur Zeit gibt es noch kein System, mit dem überall auf der Erde unabhängig von Ort, Zeit und Wetter mit gleicher Genauigkeit die für eine Navigation notwendigen Ortenungen möglich sind. Der Radiosextant ist der erste Schritt in Richtung zu solch einem Verfahren. Dabei ist zu beachten, daß der Empfang der hochfrequenten Strahlung von Himmelskörpern zwar von der Wetterlage nur wenig beeinflußt wird, jedoch sind z. B. Sonne und Mond nicht ständig „sichtbar“. Diese Nachteile lassen sich vermeiden, wenn künstliche Himmelskörper, z. B. künstliche Erdsatelliten, geschaffen werden, die mit einer geeigneten Strahlungsquelle ausgerüstet sind. Derartige **Navigations-satelliten** könnten entweder in sehr fernen oder in relativ nahen Bahnen umlaufen. Es gibt zunächst drei Verfahren, die hierbei zur Anwendung kommen können: 1) Richtungswinkelbestimmung durch → Funkpeilung, wobei der Satellit einen Sender, z. B. im Wellenbereich von 1,9 cm, besitzt. Zur Erzielung einer hohen Meßgenauigkeit werden Interferometer (→ Funkpeilung) eingesetzt. 2) Entfernungsmessung nach dem Prinzip der Funk-Entfernungsmeßverfahren (→ Funkortung); dabei muß sich im Satelliten ein Transponder befinden, der vom → Interrogator des Objektes abgefragt wird, dessen Position bestimmt werden soll. 3) Messung der Doppler-Frequenz, wobei sich im Satelliten ein Sender befindet, dessen Frequenz eine hohe Kon-

stanz hat. Dieses Verfahren wird z. B. beim *Transit-System* angewandt. Die Größe der Doppler-Frequenz ist der Geschwindigkeit des Satelliten und seiner Sendefrequenz direkt proportional. Üblicherweise wird für die Auswertung des Doppler-Effektes bei einem Satellitendurchgang nur die Wendetangente des Zusammenhanges zwischen Doppler-Frequenz und Zeit ausgenutzt. Beim Transit-System wird dagegen die gesamte S-förmige Kurve ausgewertet, was eine Ortungsgenauigkeit auf etwa 200 m zuläßt. Voraussetzung ist die Kenntnis des Bahnverlaufs des Satelliten. Die von Beobachtungsstationen gemessenen Bahndaten werden mit den errechneten Daten verglichen. Aus dem Vergleich entstehen Korrekturwerte, die dem Satelliten übermittelt und dann von dem Satellitensender periodisch wieder ausgestrahlt werden. Damit stehen einer Empfangsstelle neben den gemessenen Doppler-Frequenzen die notwendigen Hilfsdaten für die Standortberechnung zur Verfügung.

Satellitentriangulation, die Ausführung einer Triangulation mittels eines künstlichen Erdsatelliten. Verwendet werden spezielle, für geodätische Zwecke besonders ausgerüstete künstliche Erdsatelliten. Sie ermöglichen es, Triangulationen über sehr große Entfernungen auszuführen, die an der Erdoberfläche infolge der Erdkrümmung, der Strahlenbrechung und anderer atmosphärischer Störungen nicht überbrückt werden können. Je größer der Abstand der Satellitenbahn von der Erde ist, desto größer sind die Dreiecke (→ Triangulation), die bestimmt werden können. Dazu werden nachts in den Dreieckspunkten mit besonderen Satellitenkameras gleichzeitige photographische Meßaufnahmen des Satelliten mit dem unmittelbar umgebenden Sternenhimmel gemacht. Zur Sichtbarmachung sind geodätische Erdsatelliten mit starken Lichtquellen ausgerüstet, die in kurzen Zeitabständen Lichtblitze aussenden. Aus den bekannten Elementen der Satellitenbahn und den Ausmessungen

der Photoplatten können die Koordinaten der Beobachtungsstationen bestimmt werden (umgekehrt kann man die Satellitenbahn bei bekannten Koordinaten der Satellitenkameras bestimmen). **Satinieren**, das Glätten und Glänzendmachen von Leder, Gewebe, Papier u. a. auf einem → Kalandar.

Sattel, → Falte.
Sattelbahn, Reiterbahn (Tafel 42), eine zu den → Sonderbahnen gehörende, nichtkonventionelle



Querschnitt durch einen Fahr-bahnbalken mit Alweg-Fahr-zeug
Schienenbahn (Einschienenbahn) zur Personenbeförderung. Bei ihr umschließt ein aus Trag- und Führungsrädern bestehendes Fahrwerk einen im allgemeinen auf Stützen ruhenden Fahr-bahnbalken.

Die Monde der Planeten

Name des Planeten	Name des Mondes	Abstand vom Planeten (1000 km)	Umlaufzeit (Tage)	Durchmesser (km)	scheinbare Oppositionshelligkeit (Größenklasse)
Erde	Mond	384,4	27,32	3476	maximal – 12,6
Mars	1 Phobos	9,4	0,32	16	11,5
	2 Deimos	23,5	1,26	8	12,5
Jupiter	1 Io	422	1,77	3320	5,6
	2 Europa	671	3,55	2880	5,7
	3 Ganymed	1071	7,15	4940	5,1
	4 Kallisto	1884	16,69	4680	6,3
	5 .	181	0,498	160	13,0
	6 .	11500	250,62	120	13,7
	7 .	11750	259,8	40	16
	8 .	23500	739	40	16
	9 .	23700	755	20	18
	10 .	11750	260	20	18
	11 .	22500	696	24	17
	12 .	21000	625	20	19
Saturn	1 Mimas	186	0,94	520	12,1
	2 Enceladus	238	1,37	600	11,6
	3 Tethys	295	1,89	1200	10,5
	4 Dione	378	2,74	1300	10,7
	5 Rhea	528	4,52	1800	10,0
	6 Titan	1223	15,95	5000	8,3
	7 Hyperion	1484	21,28	400	14,0
	8 Japetus	3568	79,33	1200	11
	9 Phoebe	12950	550,45	800	14,5
Uranus	1 Ariel	192	2,52	600	15,2
	2 Umbriel	267	4,14	400	15,8
	3 Titania	439	8,70	1000	14
	4 Oberon	587	13,46	800	14,2
	5 Miranda	180	1,41	.	17
Neptun	1 Triton	354	5,89	4000	13,6
	2 Nereide	6000	500	300	19,5

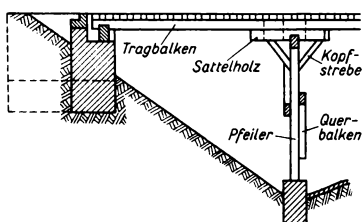
Sattelgerät

Der bekannteste Vertreter der S. ist die **Alwegbahn**, benannt nach dem schwedischen Industriellen **Axel L. Wennergren**. Bei ihr laufen luftbereifte Treib- und Laufräder auf einem Stahlbetonbalken. Die seitliche Abstützung erfolgt über gummibereifte Führungsräder, die an den Seitenflächen des Balkens angreifen. Der Antrieb erfolgt elektrisch. Die Stromzuführung und -rückleitung wird durch Stromschienen vorgenommen. Wegen der außerordentlich aufwendigen Weichenkonstruktion sind bisher nur einzelne Linien ohne Verzweigungen gebaut worden. Ein Sicherungssystem mit Zugbeeinflussung verhindert den Absturz der Fahrzeuge. Alwegbahnen wurden bisher in Köln (Versuchsanlage), Tokio, Seattle (USA) und Turin ausgeführt.

Sen können als Hochbahnen sowohl in Stadtstraßen als auch im freien Gelände (in Japan am Meer) errichtet werden. Die Luftbereifung ermöglicht einen geräuscharmen Lauf der Fahrzeuge.

Sattelgerät, svw. → Aufsattelgerät.

Sattelholz, ein Balken, der unter einen weitgespannten Träger am Auflager oder über einem Pfeiler eingeschoben wird, um die freie Länge zu verringern und das Auflager zu verstärken.



Sattelholz zur Unterstützung des einfachen Tragbalkens einer Brücke

Sattelschlepper, **Sattelzugmaschine**, eine Straßenzugmaschine ohne eigene Ladefläche, die eine Aufsattelvorrichtung für Sattelanhänger hat. Sie bildet zusammen mit dem **Sattelanhänger** den **Sattelzug**. Die Sattelanhänger besitzen kein eigenes vorderes Fahrwerk, sondern nur zum Abstellen des Hängers herabklappbare oder ausfahrbare Stützräder. Die Sattelanhänger ruhen in aufgesatteltem Zustand mit ihrem Vorderteil auf einem Rahmen des S.s; ein wesentlicher Teil ihrer Masse stützt sich auf dem ziehenden S. ab und belastet dessen Treibachse. Diese erhält erst hierdurch die für die Übertragung der Zugkräfte auf die Fahrbahn notwendige Achslast. Sattelzüge werden zur Personenbeförderung (als Omnibus) und zum Gütertransport (als Lastkraftwagen) verwendet.

Sättigung, 1) Magnetismus: der größte Wert des Magnetismus, den ein Elektromagnet erreichen kann, → Hysterese.

2) Chemie: → gesättigt.

Sättigungsstrom, der Strom oder – genauer – die Stromstärke, die erreicht wird, wenn sämtliche verfügbaren Ladungsträger zum Stromtransport ausgenutzt werden, so z. B. in Elektronenröhren und Photozellen, wenn sämtliche von der Katode ausgesandten Elektronen zur Anode gelangen. Dann kann auch eine weitere Spannungssteigerung die Stromstärke nicht erhöhen.

Saturation, eine Zwischenstufe bei der → Zuckergewinnung.

Saturn, der nach Jupiter größte Planet mit einem Äquatordurchmesser von 120 800 km, Zeichen ♄. Die physikalische und chemische Beschaffenheit des S. ist wahrscheinlich der des Jupiter sehr ähnlich. Auf der Oberfläche wurden einige dem Äquator parallele, schwache Streifen und helle Flecke festgestellt. Das Spektrum weist Absorp-

tionslinien von Methan und Ammoniak auf. Bei einer Oberflächentemperatur von etwa -150°C bestehen die Kondensationen in der Atmosphäre des Planeten vorwiegend aus Methan, ähnlich wie beim Jupiter. Die Umlaufzeit um die Sonne beträgt 29,458 Jahre, die Rotationszeit 10 Stunden 14 Minuten. Der mittlere Abstand von der Sonne liegt bei 1428 Millionen km, der Abstand von der Erde schwankt zwischen 1200 Millionen und 1650 Millionen km.

Der S. ist von einem System konzentrischer, flacher Kreise umgeben. Die Hauptmasse der Ringe wird von Körpern der Größe kleinster Planetoiden gebildet, die um den S. kreisen. An der den Ringen eigenen Streuung des Sonnenlichtes sind wesentlich nur die zwischen den größeren Körpern vorhandenen feinsten Staubpartikeln beteiligt. Der größte Durchmesser dieses Ringsystems beträgt rund 280 000 km, die Dicke der einzelnen Ringe etwa 20 km, die Gesamtmasse $1/25\,000$ der Saturnmasse, $1/3$ der Masse des Mondes der Erde.

S. hat 9 Monde (→ Satellit). Weiteres → Planet, Übers.

Satz, → Setzen.

Satz des Thales [nach dem griechischen Philosophen Thales von Milet], ein geometrischer Satz, der besagt, daß jeder Peripheriewinkel im Halbkreis über dem Durchmesser 90° beträgt.

Satzverständlichkeit, → Silbenverständlichkeit.

Sauerstoff, Symbol O [von Oxygenium, griechisch-lateinisch], chemisches Element aus der VI. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Chalkogene; Ordnungszahl 8, Massenzahlen der Isotope 16, 18 und 17, Atomgewicht (bezogen auf ^{12}C), 15,9994, Wertigkeit II, Literaturgewicht 1,42895 p bei 0°C und 760 Torr, D. des gasförmigen S.s (bezogen auf Luft = 1) $1,1053\text{ g cm}^{-3}$, D. des flüssigen S.s $1,118\text{ g cm}^{-3}$ bei $-182,97^{\circ}\text{C}$, F. $-218,78^{\circ}\text{C}$, Kp. $-182,97^{\circ}\text{C}$, kritische Temperatur $-118,8^{\circ}\text{C}$, kritischer Druck $49,7\text{ atm}$, kritische D. $0,430\text{ g cm}^{-3}$; 1772 von Scheele, 1774 – unabhängig von ihm – von Priestley entdeckt. Lavoisier erkannte 1774 die Mitwirkung des S.s bei Oxidbildung, Verbrennung und Atmung.

S. ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas; flüssiger und fester S. hat hellblaue Färbung. Unter normalen Bedingungen kommt S. zweiatomig als **Disauerstoff** vor. Aus drei Atomen O besteht **Trisauerstoff** O_3 , der allgemein als → Ozon bezeichnet wird. Unter Einwirkung einer Glimmentladung auf molekularen S. von weniger als 1 Torr Druck werden die Moleküle z. T. in atomaren S. (**Monosauerstoff**) gespalten. S. bildet mit allen Elementen (außer den meisten Edelgasen) und mit vielen Verbindungen → Oxide. Dieser Vorgang wird **Oxydation** oder, besonders wenn er unter Feuererscheinung verläuft, **Verbrennung** genannt. Zur Einleitung der Verbrennung ist meist eine erhöhte Temperatur, die Entzündungstemperatur, notwendig, jedoch finden auch bei Zimmertemperatur in Gegenwart von Feuchtigkeit Oxydationen statt, z. B. das Rosten von Eisen, das Verwes von Pflanzen und Tieren. Mit flüssigem S. getränktes Kohlepulver oder andere oxydierbare Substanzen verbrennen bei Entzündung explosionsartig (→ Oxyliquitsprengstoffe).

S. ist das häufigste aller Elemente. Er kommt in freiem und gebundenem Zustand vor, vor allem gebunden an Wasserstoff im Wasser, ferner in gesteins- oder/und erzbildenden Oxiden und in Salzen von Sauerstoffsäuren. Trotz des hohen Sauerstoffverbrauchs durch Atmung, Verwesung, Verwitterung und die vielen Verbrennungsprozesse in Industrie und Haushalt bleibt der Sauerstoffgehalt der Luft auf Grund der Assimilation und der Spaltung des Wasserdampfes in

den obersten Luftschichten konstant. Im Labor wird S. durch Elektrolyse von sehr verdünnter Schwefelsäure, durch thermische Zersetzung von Kaliumnitrat, -chlorat und -permanganat oder durch Umsetzen von Chlorkalk mit Wasserstoffperoxid gewonnen. Technisch gewinnt man S. meist durch Verflüssigung von Luft (\rightarrow Gasverflüssigung). In den Handel kommt S. in blau gekennzeichneten Stahlflaschen, in denen das Gas unter 150 at Druck steht, oder in wärmedämmenden Spezialbehältern, die den S. in flüssiger Form enthalten.

S. ist für die energieliefernden chemischen Umsetzungen nahezu aller Lebewesen, vor allem für die Atmung, unentbehrlich. Ein erwachsener Mensch verbraucht beim Atmen im Ruhezustand etwa 20 l S. je Stunde. Atemluft mit einem Sauerstoffgehalt unter 7% ruft Bewußtlosigkeit hervor, solche mit weniger als 3% führt zum Tod durch Erstickten.

Man verwendet S. im Gemisch mit Wasserstoff oder Äthin zur Erzeugung hoher Temperaturen, die zum autogenen Schweißen und Schneiden, zum Schmelzen u. a. benötigt werden. Ferner wird S. unter anderem in der Eisen- und Stahlindustrie, zur Füllung von Atemschutzgeräten und in flüssiger Form in Raketen zur Oxydation des Treibstoffs eingesetzt.

Lit. Laschin: Der S. Seine Gewinnung und seine Anwendung in der Industrie (3. Aufl. Halle 1943); Schöllner: Die Oxydation organischer Verbindungen mit S. (Berlin 1964).

Sauerstoffaufblas-Verfahren, ein Verfahren der \rightarrow Stahlerzeugung.

Sauerstofffrischen, \rightarrow Frischen, \rightarrow Sauerstoffmetallurgie.

Sauerstoffgeräte, \rightarrow Atemschutzgeräte.

Sauerstoffhaube, \rightarrow Inhalationsgeräte.

Sauerstoffhochdruckverfahren, \rightarrow Stadtgas. **Sauerstoffmetallurgie**, zusammenfassende Bezeichnung für alle metallurgischen Reaktionen unter Verwendung von mit Sauerstoff angereicherter Luft oder von reinem Sauerstoff. Mit Sauerstoff angereicherte Luft wird z. B. im Hochofen, Konverter und Kupolen zum Eisen- und Stahlerzeugung verwendet. Reiner Sauerstoff (99,5%) wird zum \rightarrow Frischen, d. h. zur Entfernung unerwünschter Eisenbegleiter aus dem Roheisen, eingesetzt (Sauerstofffrischen); dabei wird ein Sauerstoffstrahl auf die Badoberfläche geblasen (Sauerstoffaufblas-Verfahren, \rightarrow Stahlerzeugung) oder in das Stahlbad eingeblasen (Siemens-Martin-Ofen, Elektroöfen). Da beim Aufblasverfahren dem Stahlbad kein Stickstoffballast aus der Luft mehr zugeführt wird, erreicht man eine hohe Stahlqualität, die der Qualität des Siemens-Martin-Stahls gleich ist.

Mittels der S. läßt sich der Stahlschmelzprozeß wesentlich abkürzen; die Leistung der Schmelzaggregate und die Stahlqualität steigen.

In der Nichteisen-Metallurgie kann sich die S. bisher noch nicht durchsetzen können.

Sauerstoffzelt, \rightarrow Inhalationsgeräte.

Saugflasche, ein dickwandiger Erlenmeyer-Kolben mit einem seitlichen Ansatz, der zum Anschluß an eine Saugpumpe dient. In die obere Öffnung der S. kann mit Hilfe eines Gummistopfens ein Filtertiegel o. dgl. eingesetzt werden. Die Vorrichtung dient zum Absaugen von Flüssigkeit. (Abb.)

Saugkreis, ein Schwingkreis zum Kurzschließen (Absaugen) der Frequenz eines störenden Senders. Der S. besteht aus der auf den störenden Sender abgestimmten Reihenschaltung einer Kapazität C und einer Induktivität L. Der Widerstand eines solchen Reihenresonanzkreises ist für seine Eigenfrequenz im Gegensatz zum Sperrkreis sehr klein. Der S. wird vor dem Eingang des Empfängers angebracht, um die Störfrequenz nach Erde abzuleiten. (Abb.)

Saugluft, innerhalb einer Rohrleitung durch ein Gebläse abgesaugte Luft. Durch das Absaugen entsteht ein Unterdruck; die nachströmende Außenluft drückt dann z. B. in die Rohrleitung eingeführtes Gut vorwärts. Die S. wird zur Förderung von Schüttgütern (\rightarrow pneumatische Förderer) und zum Rauchgasentzug aus Feuerungen verwendet.

Säule, eine walzenförmige Stütze aus Stein, Holz oder Metall zum Tragen einer Baulast. Als **Halbsäule** ist die S. in den Mauerverband einbezogen; je zwei S.n können als **gekuppelte S.n** oder **Doppelsäulen** auftreten. Die S. gliedert sich in den **Fuß** oder die **Basis**, den glatten, kannelierten, gemusterten, spiralförmigen oder aus mehreren S.n zusammengebundenen (Bündelsäule) **Schaft**, den **Hals** und den **Kopf** (**Kapitell**), der in den verschiedenen Baustilen unterschiedlich ausgebildet wurde. Im Gegensatz zur S. ist der \rightarrow Pfeiler eine vier- oder mehrkantige Stütze.

Säure, \rightarrow Säuren.

Säureamide, \rightarrow Amide.

Säure-Base-Theorie, die im wesentlichen von Brönsted und Lewis geschaffene moderne Definition der Begriffe Säure und Base. Nach Brönsted (1923) bezeichnet man entsprechend der Beziehung $\text{Säure} \rightleftharpoons \text{Base} + \text{Proton}$ als Säure jede Verbindung, die ein Proton abgeben kann (**Protonendonator**), und als Base jede Verbindung, die ein Proton aufnehmen kann (**Protonenakzeptor**). Danach ist z. B. das Ammoniumion NH_4^+ eine Säure, da es nach $\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+$ ein Proton abgeben, und Ammoniak NH_3 eine Base, da es in Umkehrung der Reaktion ein Proton aufnehmen kann. Auch die Hydrolyse wird nach der S.-B.-T. erklärt. So reagieren z. B. wäßrige Lösungen von Natriumazetat deshalb alkalisch, weil das Azetat als starke Base die aus dem Wasser stammenden Protonen unter Bildung von wenig dissoziierter Essigsäure bindet, wobei Hydroxidionen frei werden: $\text{CH}_3\text{COO}^-\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}^+\text{OH}^-$.

Die Brönstedtsche Theorie, die für alle Säure-Base-Reaktionen in Wasser und wasserähnlichen Lösungsmitteln, z. B. flüssigem Ammoniak und Schwefeldioxid, gültig ist, wurde von Lewis weiter verallgemeinert. Eine Säure wird nicht mehr als Protonendonator, sondern als Elektronenpaar-akzeptor, eine Base nicht mehr als Protonenakzeptor, sondern als Elektronenpaardonator bezeichnet.

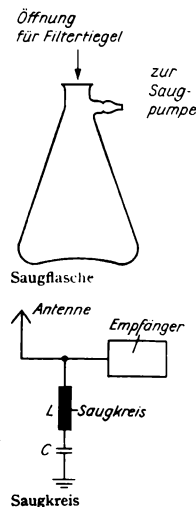
Beispiele für Lewis-Säuren und -Basen:

Säure	Base	Reaktionsprodukt
CO_2	$+ \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$
AlCl_3	$+ \text{Cl}^-$	$\rightleftharpoons [\text{AlCl}_4]^-$
H^+	$+ \text{OH}^-$	$\rightleftharpoons \text{HOH}$

Die Lewis'sche Definition erklärt z. B. die Salzbildung bei der Umsetzung saurer und basischer Oxide. Sie wird jedoch hauptsächlich in der organischen Chemie verwendet.

Säuren, im herkömmlichen Sinne (neure Definitionen \rightarrow Säure-Base-Theorie) Verbindungen, die Wasserstoff enthalten, der durch Metalle unter Salzbildung ersetzt werden kann. Mit Wasser, dem wichtigsten Lösungsmittel, reagieren S. unter Bildung von Hydroniumionen H_3O^+ und Säurerestionen. Die Stärke einer Säure wird durch ihren elektrolytischen Dissoziationsgrad bestimmt. Sehr starke und starke S., z. B. Perchlorsäure HClO_4 , Salzsäure HCl , Schwefelsäure H_2SO_4 und Salpetersäure HNO_3 , sind in verdünnter wäßriger Lösung fast vollständig oder größtenteils dissoziiert.

Zu den **anorganischen S.** zählen alle kohlenstofffreien S. und die Kohlensäure H_2CO_3 . Alle anderen kohlenstoffhaltigen S. gehören zu den **organischen S.**, deren wichtigste Vertreter die Karbonsäuren $\text{R}-\text{COOH}$ und die Sulfonsäuren $\text{R}-\text{SO}_3\text{H}$ sind. Weiter unterscheidet man zwischen **einbasigen S.** (z. B. Salzsäure HCl) und



mehrbasischen S. (z. B. Schwefelsäure H_2SO_4 als zweibasige Säure, Phosphorsäure H_3PO_4 als dreibasige Säure und Kieselsäure H_2SiO_4 als vierbasige Säure), je nachdem, wieviel Wasserstoffatome der Säure sich in Lösung durch Metallatome ersetzen lassen. Einbasige S. bilden bei der Neutralisation nur eine Reihe von Salzen, mehrbasige S. dagegen fast immer mehrere Reihen. So kennt man z. B. von der Phosphorsäure primäre Salze von der allgemeinen Formel $\text{Me}'\text{H}_2\text{PO}_4$, sekundäre Salze $\text{Me}'\text{HPO}_4$ und tertiäre Salze $\text{Me}'\text{PO}_4$. Üblich ist auch die Einteilung der S. in **oxydierende S.**, z. B. Chlorsäure HClO_4 , und **nichtoxydierende S.**, z. B. Essigsäure CH_3COOH , sowie in **leichtflüchtige S.**, z. B. Salzsäure, und **schwerflüchtige S.**, z. B. Phosphorsäure. Nach ihrer Zusammensetzung teilt man die S. ein in **Wasserstoffsäuren**, die außer Wasserstoff nur ein Element oder in manchen Fällen bestimmte einfache Radikale enthalten, z. B. Blausäure HCN , **Sauerstoff- oder Oxosäuren**, die koordinativ gebundenen Sauerstoff enthalten, z. B. Bromsäure HBrO_3 , **Thiosäuren**, die koordinativ gebundenen Schwefel enthalten, z. B. Trithiokohlensäure H_2CS_3 , **Halogenosäuren**, die koordinativ gebundene Halogenatome enthalten, z. B. Fluorokieselsäure $\text{H}_4[\text{SiF}_6]$ und **komplexe S.**, z. B. Hexazyano-eisen(II)-säure $\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Zu den komplexen S. gehören auch die **Polysäuren**, d. s. Sauerstoffsäuren, die an Stelle von O-Atomen Säurereste der gleichen Säure (**Isopolysäure**) oder einer anderen Säure (**Heteropolysäure**) aufweisen. S. mit der höchstmöglichen Zahl von Hydroxidgruppen am säurebildenden Zentralatom werden **Orthosäuren** genannt. Durch Wasserabspaltung gehen sie in **Metasäuren**, d. s. S. mit der geringsten Zahl von Hydroxidgruppen am säurebildenden Zentralatom, über. Die zwischen Ortho- und Metasäuren einzuordnenden Zwischenstufen bezeichnet man als **Mesosäuren**. Manche S. lassen sich durch Wasserabspaltung auch in ihr Anhydrid überführen. **Pyrosäuren**, auch **Disäuren** wegen der zwei säurebildenden Zentralatome genannt, werden von der Schwefelsäure und der Phosphorsäure gebildet: $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ und $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$. **Säurezahl**, abg. SZ, die Zahl, die angibt, wieviel mg Kaliumhydroxid KOH erforderlich sind, um die in 1 mg Fett oder fettem Öl enthaltenen freien organischen Säuren zu neutralisieren.

sb, Kurzz. für → Stilb.

Sb, Symbol für → Antimon.

SBA, ein → Anflug- und Landesystem.

S-Bahn, Abk. für → Schnellbahn.

S-Boot, Abk. für → Schnellboot.

Sbp., → Sublimation.

Sc, Symbol für → Skandium.

Scanner *m* [englisch to scan ‚prüfen, abtasten, rastern‘], 1) ein Gerät zur punktuellen Abtastung der Verteilung einer radioaktiven Substanz, besonders im menschlichen Körper. 2) → Farb-scanner.

Scattering, Bezeichnung für Streuercheinungen von elektromagnetischen Wellen an Schichten der Atmosphäre. Man unterscheidet zwischen Vorwärtstreuung [englisch ‚forward scatter‘] und Rückstreuung [englisch ‚back scatter‘]. Die **Vorwärtstreuung** wird durch Turbulenzstellen der Troposphäre hervorgerufen und für Breitbandrichtfunkverbindungen über sehr große Entfernungen bei Frequenzen oberhalb 30 MHz ausgenutzt. Die **Rückstreuung** tritt im Kurzwellenbereich an den Schichten der Ionosphäre auf. Dabei wird ein sehr kleiner Teil der ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen zum Sendeort zurückgeworfen. Man wendet die Rückstreuung bei der Erforschung der Ionosphäre und bei der Optimierung bei der Kurzwellenrundfunkversorgung bestimmter Gebiete an.

Schaben, ein spanendes Feinbearbeitungsverfahren mit vorzugsweise einschneidigem, nicht

ständig im Eingriff stehendem, in einer Haupt- richtung bewegtem Werkzeug zur Einebnung vorgearbeiteter Werkstückflächen. Durch S. werden zu hohe Stellen einer Fläche, die durch Tuschieren sichtbar gemacht wurden, von Hand mit dem → Schaber oder maschinell (z. B. bei Zahnrädern) mit Hilfe einer Schabebahnstange oder eines Schabebahnrad abgetragen. Nach der Oberflächengüte unterscheidet man zwischen **Vorschaben**, **Punktschaben** und **Öldichtschaben**, nach dem Zweck zwischen **Abrichten**, **Richtungsschaben**, **Lagerschaben** und **Mustern**. Das S. wird zur Endbearbeitung von Gleit- und Führungsbahnen, Paß-, Dichtungs-, Maß- und Auflageflächen angewendet.

Schäben *Plur.*, die bei der Gewinnung von Flachs und Hanf in großer Menge anfallenden Holzigen Stengelteile. Sie werden in Schäbenplattenwerken unter Verwendung von Bindemittel zu hochwertigen Tischler- und Bauplatten (Spanplatten) verarbeitet.

Schaber, ein Werkzeug zum Abnehmen ganz feiner Späne.

1) **Holzbearbeitung**: Die **Ziehklinge**, ein 0,8 mm kleines Stahlblech, dessen Kanten mit Grat versehen sind, dient vor allem zum Abziehen, der **Schinder**, ein Hobel mit kurzer Sohle, zum Hobeln kurzer Krümmungen, z. B. an Sitzmöbeln, Karosserien und Bootskörpern.

2) **Metallbearbeitung**: **Flachschaber**, ein flaches, gehärtetes, an der Stirnseite angeschliffenes, mit Heft versehenes Stahlstück zur Feinbearbeitung von ebenen Paßflächen und Führungsbahnen. Der ebenfalls gehärtete und mit Heft versehene, spitz zugeschiffene Dreikantschaber dient zum Ausschaben von gekrümmten Flächen besonders von Lagerschalen, Zylindern. Auch der **Löffelschaber** wird für gekrümmte Flächen verwendet.

Schabotte, → Maschinenhammer.

Schacht, im Bergbau die Verbindung der Erdoberfläche mit einer Lagerstätte, als → Blindschacht auch die unterirdische senkrechte Verbindung zweier Grubenbaue. Schächte werden meist seiger, d. h. senkrecht (Seigerschacht), angelegt, seltener im Einfallen der Lagerstätte (tonnläger S.). Die **Schachtscheibe**, der Querschnitt, ist im allgemeinen rund, seltener rechteckig oder oval; runde oder ovale Schächte widerstehen dem Gebirgsdruck am besten. Der **Hauptschacht** eines Bergwerkes dient zur Förderung, zum Ein- und Ausfahren der Belegschaft und meist als Einziehschacht für die Wetter, ein zweiter S. als Ausziehschacht. Mitunter legt man zusätzlich besondere Förder-, Seilfahrt- und Spülschächte (zum Einspülen von Versatz) an.

Das Abteufen, d. h. Niederbringen, und auch das Weiter-teufen, d. h. Vertiefen eines S. es geschieht im trockenen Gebirge (bei einem Wassereinfuß bis zu 2 m³/min) durch → Bohrung (mit Bohrhämmern, Einzelbohrmaschinen, Bohrwerken) und Sprengen; das gewonnene Gut wird von Hand oder mit Druckluftgreifern in Kübel geladen, die durch eine Abteuffördermaschine nach über Tage gebracht werden. Im Schwimmen, d. h. stark wasserführenden Gebirge wendet man das Senkschacht-, Gefrier- oder Versteinungsverfahren an. Beim Senkschachtverfahren, mit dem im lockeren Gebirge Teufen bis zu 30 m erreicht werden, wird auf einem ringförmigen Schneidschuh, der den Durchmesser des Schachtes hat und unten spitz zuläuft, mit dem Aufbau einer zylindrischen Schachtwand (Mauerwerk, Beton oder Stahlgußbringe) begonnen und gleichzeitig das Gebirge im Ringinneren hereingewonnen. Dadurch dringt der entstehende zylindrische Senkkörper allmählich immer tiefer ein, bis die wasserführende Schicht mit ihm durchteuft ist. Ist der Wassereinfuß besonders stark oder eine größere Teufe notwendig, so wendet man das

Gefrierverfahren (→ Gründung) oder das Versteinungsverfahren an, bei dem Zementmilch oder Kalziumchlorid und Wasserglas in Bohrlöchern rings um den geplanten Schacht eingepreßt werden und das Gebirge verfestigen. Das eigentliche Abteufen geschieht dann wie im trockenen Gebirge.

In trockenem Gebirge abgeteufte Schächte werden in Holz, und zwar in Bolzenschrot- oder Vollschrotzimmerung, ausgebaut, d. h. mit Gevierten (Holzrahmen), die in manchen Fällen durch Bolzen (Stempel) in bestimmtem Abstand gehalten und in anderen dicht aufeinandergelegt werden. In wasserführendem Gebirge baut man Schächte mit Ziegel- oder Formsteinen, einzelne Abschnitte oft auch mit Tübbings aus, und zwar entweder während des Abteufens (Senkschachtverfahren) abschnittsweise mit dem Fortschreiten des Abteufens von der jeweiligen Schachtsohle aus nach oben oder bei Schächten geringer Teufe oft auch nach Beenden des Abteufens.

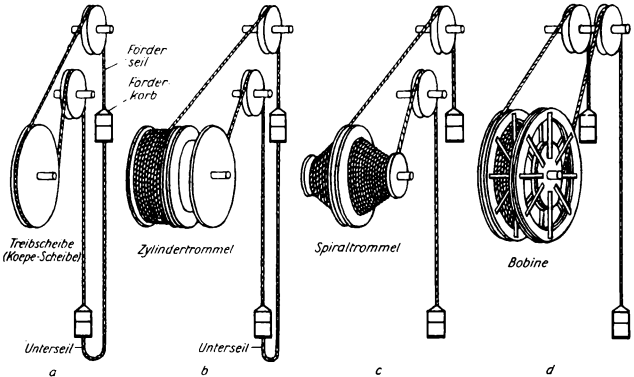
In der fertigen Schachtröhre werden hölzerne oder stählerne Einstriche angebracht. Sie unterteilen die Schachtscheibe entsprechend den Aufgaben des S.es in verschiedene *Trümer* (Abteilungen), wie Fördertrum, Fahrtrum mit Leitern, Rohr- und Kabeltrum, Wettertrum, und tragen die Spurlatten oder Leitbäume. Letztere sind senkrecht untereinander angeordnete Balken aus Eichenholz oder Pitchpine, die die Förderkörbe oder -gefäße führen, so daß sie nicht pendeln können.

Den unter der untersten Sohle liegenden Teil des S.es benutzt man meist als **Schachtsumpf**, in dem das zufließende und z. T. das im Grubengebäude anfallende Wasser gesammelt und von hier nach über Tage gepumpt wird.

Schachtförderanlage, im Bergbau ein Fördermittel (Aufzug für große Lasten und Hubhöhen) zum Transport von Material und Menschen nach und von Untertage. Man bezeichnet dabei die Tiefe als *Teufe*, die Beförderung von Menschen als *Seilfahrt* und die Förderung von Material als *Material- oder Produktensfahrt*. Die S. besteht aus der → Fördermaschine, der Treibscheibe, einem oder mehreren Drahtseilen (Ober- und Unterseilen), den Förderkörben oder -gefäßen (→ Förderkorb) und dem Schachtgerüst oder Fördertrum.

Die Treibscheibe wird von der Fördermaschine angetrieben, wodurch das Drahtseil (Oberseil), auch als Förderseil bezeichnet, in Bewegung versetzt wird und die an den Enden des Oberseiles befestigten Förderkörbe nach oben bzw. unten bewegt. Die Förderseile haben bis zu 85 mm Durchmesser und werden täglich vor der ersten Seilfahrt geprüft. Wegen der großen Hubhöhen und der damit verbundenen großen Masse werden zum Masseausgleich Unterseile verwendet. Da bei großen Seildurchmessern die einzelnen Drähte des Seiles ungleichmäßig belastet werden und die große Biegesteifigkeit große Treibscheiben- und Seilwellendurchmesser erfordert, wendet man die Mehrseilförderung an, bei der das Oberseil meist aus 4 oder 8, seltener 12 Einzelseilen besteht. Bei 4 Seilen reduziert sich bei gleichbleibendem Seilquerschnitt und Seilmasse der Durchmesser der Einzelseile um die Hälfte. Ein weiterer Vorteil der Mehrseilförderung ist die erhöhte Sicherheit gegen Abstürzen des Förderkorbes. Die Fördergeschwindigkeit beträgt bei Materialförderung bis zu 20 m/s, selten bis 30 m/s, bei Seilfahrt 6 bis 8 m/s, höchstens jedoch 12 m/s bei großen Teufen. Neben Treibscheiben werden auch Zylindertrommeln oder Spiraltrommeln verwendet, durch die ein Lastmomentenausgleich erfolgt. *Bobinen* sind Scheiben, auf die Flachseile (→ Seil) spindelförmig auf- oder abgewickelt werden, die ebenfalls durch den sich verändernden Wickeldurchmesser einen Lastmomenten-

ausgleich besitzen. Die Förderkörbe oder -gefäße werden wie bei Aufzügen geführt. S.n sind mit Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet, z. B. mit Fahrtreglern (→ Fördermaschine), Teufenzeiger, Fahr- und Sicherheitsbremse und Signaleinrichtungen.



Fördersysteme in Schachtförderanlagen: a mit Treibscheibe (Koepe-Scheibe), b mit Zylindertrommel, c mit Spiraltrommel, d mit Bobine

Schachtöfen, schachtartige, allseitig geschlossene Industrieöfen, denen Wärmeenergie über Brennstoffe (Holzkohle, Kohle, Kohlenstaub, Öl, Gas) oder elektrischen Strom und eventuell Heißwind zugeführt wird.

S. dienen in der Metallurgie zum Schmelzen und Reduzieren von Metallen oder Erzen. Die einzusetzenden Stoffe werden von oben (an der Gicht) in den meist zylindrischen, mitunter aber auch eckigen Schacht aufgegeben, sinken nach unten, werden durch die entgegenströmenden heißen Gase aufgeheizt und reagieren chemisch mit ihnen. Die für die Koksverbrennung notwendige Luft (Wind) wird im unteren Schachtteil durch Düsen (Windformen) zugeführt. Hier herrschen die höchsten Temperaturen, und die noch festen Bestandteile der Beschickung werden geschmolzen. Über dieser Schmelzzone erfolgt die Reduktion der Metalloide (Reduktionszone). Die Schmelzprodukte werden entweder getrennt aus dem untersten Schachtteil abgezogen oder gemeinsam in einen Vorher überführt und dort getrennt. Wichtige Typen von S. sind der Hochofen bzw. Niederschachtofen zur Roheisengewinnung aus Eisenerzen, der Schachtofen der Buntmetallurgie, der Kurz- oder Halbschachtofen für Verflüchtigungsprozesse (Schachthöhe 1 bis 2,5 m) und der Kupolofen zum Umschmelzen von Rohmetallen.

Außer in der Metallurgie werden S. zum Brennen von Kalk, Dolomit, Zement usw. verwendet. **Schachturbine**, eine → Wasserturbine.

Schädlingsbekämpfungsgeräte, → Pflanzenschutzgeräte.

Schädlingsbekämpfungsmittel, Pestizide, Mittel zur Bekämpfung von tierischen und pflanzlichen Organismen, die den Menschen, seine Vorräte an Lebensmitteln und Materialien sowie die Nutztiere und Nutzpflanzen (**Pflanzenschutzmittel**) schädigen. Neben **physikalischen S.n** (z. B. Leimringe, mechanische Entfernung von Raupenestern) und **biologischen S.n** (z. B. Igel, Maulwürfe, Vögel) sind besonders die **chemischen S.** von Bedeutung. Die wichtigsten Forderungen, die man an diese S. stellen muß, sind vernichtende oder abschreckende Wirkung auf Schädlinge, Verträglichkeit für Menschen, Nutztiere und -pflanzen sowie Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung und dem Einsatz.

Die meisten S. bestehen aus einem Wirkstoff und Beistoffen. 1) Der **Wirkstoff** ist der Bestand-

teil, der auf den Schädling wirkt. Er ist in den meisten S.n nur in kleinster Dosierung enthalten. Die Wirkstoffe der S. sind entweder rein organischer Natur, z. B. Nikotin, Strychnin, anorganischer Herkunft, z. B. Kupfer-, Schwefel-, Thallium-, Arsenmittel, oder — meistens — aus organischen und anorganischen Grundstoffen synthetisiert, z. B. DDT-, Hexa-, E-, DNOC-Mittel, ferner Toxaphen- und Wuchsstoffmittel, organische Quecksilberverbindungen. Eine besondere Gruppe bilden die Mineralöle und Karbolineum. 2) Die *Beistoffe* der S. dienen zur Streckung oder Haftung des Wirkstoffs und bringen diesen erst zur vollen Wirksamkeit. Man unterscheidet feste Trägerstoffe, Emulgatoren, Netzmittel, Haftmittel, Schutzkolloide, Lösungsmittel, Aktivator- und Farbstoffe.

Nach dem Verwendungszweck teilt man die chemischen S. ein in Akarizide, Fungizide, Herbizide, Insektizide, Molluskizide, Nematizide, Ovizide und Rodentizide; verschiedene S. können auch gemischt werden. Ferner gehören hierzu die Holzschutzmittel, Frostschutzmittel, Boden-desinfektionsmittel, Vorratsschutzmittel u. a. Nach der Anwendungsart werden unterschieden Stäube-, Spritz-, Sprüh-, Nebel-, Beizmittel, Saatgutpuder u. a. Nach der Wirkungsweise vor allem der Insektizide unterscheidet man Atemgifte, Kontaktgifte (Berührungsgifte) und Fraßgifte.

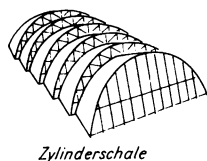
Lit. Fürst: Chemie und Pflanzenschutz (3. Aufl. Leipzig 1962); Kurth: Chemische Unkrautbekämpfung (2. Aufl. Jena 1963); Melnikow: Über Pflanzenschutzmittel-Forschung in der UdSSR (dtsh. Berlin 1959); Tielecke: Pflanzenschutzmittel (Berlin 1963); Pflanzenschutzmittelverzeichnis der BZA (Kleinmachnow 1963); Vorsichtsmaßnahmen für den Umgang mit Pflanzenschutzmitteln (Flugbl. 16 der BZA; 2. Aufl. Berlin 1960).

Schaft, → Konus 2).

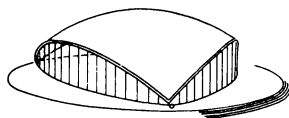
Schaftmaschine, eine Vorrichtung für Webmaschinen zum mustergemäßen Bewegen der Kettfäden bei bis zu 40 Webschäften. Eine über ein Prisma geführte, mustergemäß gelochte → Karte steuert über Platinen, d. s. Hebel mit Nase oder Stahldrähte mit Haken, die mustergemäße Bewegung der Webschäfte. Die S. arbeitet ähnlich wie die → Jacquardmaschine, doch können bei ihr die Kettfäden nicht einzeln, sondern nur in Gruppen bewegt werden.

Schäkel, ein → Lastaufnahmemittel.

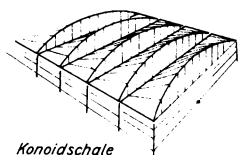
Schale 1), ein Flächentragwerk mit räumlicher Tragwirkung von großer Steifigkeit und geringer Dicke, dessen Mittelebene einfach oder doppelt gekrümmt ist (Tafel 40). Die S. nimmt die verteilten Lasten (Eigenmasse, Wind, Schnee) durch Längsbeanspruchungen in allen Richtungen innerhalb ihrer Fläche auf und trägt sie über die aussteifenden Randglieder ab. Zur Aufnahme der Hauptzugspannungen erhält die S. eine Trajektorienbewehrung oder auf ihrer Innen- und Außenseite eine Orthogonalbewehrung.



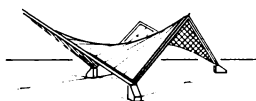
Zylinderschale



Rotationsschale



Konoidschale



H.p.-Schale

Im zunehmenden Maße werden S.n aus Spannbeton hergestellt. Durch die räumliche Tragwirkung kann der Baustoff der S. weitgehend ausgenutzt werden; es lassen sich große Stützweiten mit dünnen und dadurch leichten Konstruktionen überbauen, die zu einer Entlastung der unteren Konstruktionsglieder (Stützen, Fundamente) beitragen.

Nach Form und Statik unterscheidet man einfach oder doppelt gekrümmte S.n. Einfach gekrümmte S.n (Zylinder- oder Tonnenschalen), im allgemeinen durch Binder und Längsscheiben ausgesteift, können als Einzel- oder Reihenschalen über ein Feld gespannt oder über mehrere durchlaufend angeordnet werden. Doppelt gekrümmte S.n sind allseitig auf die gleiche Weise ausgesteift, sie besitzen höhere Beanspruchbarkeit und größere Tragfähigkeit. Je nach Verschiebung der Querschnittslinie als, Erzeugende auf der Leitlinie oder der Anordnung der Krümmungsmittelpunkte erhält man Translationsschalen, Rotationsschalen oder Kuppelschalen, Paraboloidschalen, Hyperboloidschalen (Hp-Schalen), Konoidschalen.

Lit. Hampe: Statik rotationssymmetrischer Flächen-tragwerke (4 Bde Berlin 1963/64); Sanchez-Arcas: Form und Bauweise der S.n (Berlin 1962).

2) → Flugzeugaubau.

Schälen, Wellenschälen, ein spanendes Fertigungsverfahren zum Drehen von Wellen mit umlaufenden Meißelhaltern bei geringen Spanntiefen. Das S. erfolgt, um den Zunder und die entkohlte Außenschicht des gewalzten oder geschmiedeten Werkstoffes zu entfernen und ein für die Weiterbearbeitung geeignetes Material mit einwandfreier Oberfläche und engen Toleranzen im Durchmesser herzustellen. Der Flugkreis der Schneidenspitze (Schälkopf) entspricht dabei dem Enddurchmesser des Werkstückes. Das S. wird als spitzenloses Drehen ohne Zentrieren und ohne Einspannen der Werkstoffstange auf → Schälmaschinen durchgeführt.

Schalenblende, → Sphalerit.

Schalenmodell, ein Kernmodell, → Kernphysik.

Schall, mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums, insbesondere im Bereich des menschlichen Hörens von 16 Hz (Hertz) bis 20000 Hz. S. im Bereich tieferer Frequenzen heißt Infraschall und wird vom Menschen als Vibration wahrgenommen; S. im Bereich höherer Frequenzen heißt Ultraschall, für diesen hat der Mensch kein Sinnesorgan.

Entsprechend dem Medium, in dem sich S. ausbreitet, unterscheidet man vorwiegend Luftschall, Flüssigkeitsschall und Körperschall (S. in festen Stoffen). S. breitet sich in homogenen, isotropen Medien geradlinig in Form von Longitudinalwellen aus; in festen Stoffen treten zusätzlich Transversalwellen auf (→ Welle). In Stäben und Platten breiten sich außerdem Biegewellen aus, die von großer praktischer Bedeutung sind.

S. wird erzeugt durch mechanische Anregung des elastischen Mediums zu Schwingungen. Die verschiedenen Arten der Anregung werden seit alters her bei den Musikinstrumenten angewandt. Eine sehr wichtige Rolle spielen Schallwandler (→ elektroakustische Wandler), die elektrische Schwingungen in mechanische (und umgekehrt) umwandeln, z. B. Lautsprecher und Mikrophone.

Treffen Schallwellen bei ihrer Ausbreitung auf Hindernisse, so finden Beugung, Brechung, Reflexion und Absorption (→ Schallabsorption) statt. Die Größe und Art dieser Einflüsse hängt vom Verhältnis der Abmessungen der Hindernisse zur Wellenlänge der Schallwellen ab. Bei relativer Bewegung zwischen Schallsender und Schallempfänger tritt der → Doppler-Effekt in Erscheinung.

Charakteristische Größen für ein Schallfeld, den von Schallwellen durchflossenen Raum, sind

→ Schalldruck, → Schallschnelle, → Schallintensität, → Schallgeschwindigkeit und akustische Impedanz; für die Schallsendung einer Schallquelle sind → Schalleistung und → Schalldruckpegel in standardisierter Entfernung unter definierten Bedingungen charakteristisch.

Bei S. wird entsprechend der Zeitabhängigkeit unterschieden zwischen → Ton, → Klang, → Tongemisch, → Klanggemisch, → Geräusch und → Knall.

Lit. → Akustik.

Schallabsorption, früher Schallschluckung, die Eigenschaft von Materialien und Konstruktionen, dem Schallfeld einen Teil der auftretenden Schallenergie zu entziehen. Das Maß für die S. ist der **Schallabsorptionsgrad** (früher **Schallschluckgrad**) α , das Verhältnis der nichtreflektierten zur auftretenden → Schallintensität. Die Größe der S. hängt ab vom Aufbau der Materialien und Konstruktionen. Poröse Materialien sind besonders bei mittleren und hohen Frequenzen des menschlichen Hörbereiches wirksam; je tiefer die Frequenz ist, bei der sie noch absorbieren sollen, desto dicker muß die Schicht sein. Für die S. tiefer Frequenzen dienen vorwiegend → Resonatoren, die aber nur in verhältnismäßig schmalen Frequenzbändern absorbieren.

Die Messung der S. erfolgt vorzugsweise im Hallraum (→ Nachhall).

Schallanalyse, **Klanganalyse**, **Schallspektroskopie**, die Zerlegung beliebiger Schalle, z. B. Klänge oder Geräusche, in ihre einzelnen spektralen Anteile. Nach Fourier kann jeder Schwingungsvorgang als Summe einer Reihe von Sinusschwingungen verschiedener Frequenzen und Amplituden aufgefaßt und auch in diese zerlegt werden. Diese Analyse kann rechnerisch oder graphisch erfolgen, wenn der zeitliche Verlauf des Gesamtvorganges bekannt ist (Fourieranalyse, → harmonische Analyse).

Meist verwendet man elektrische Verfahren zur S. Die zu untersuchenden Schallvorgänge werden mit einem Mikrophon zunächst in elektrische Schwingungen umgewandelt. Diese Schwingungen können dann nach einem der nachstehenden Verfahren analysiert werden. Das einfachste Mittel hierzu sind Bandpässe von z. B. Terz- oder Oktavbreite mit verschiedenen Mittenfrequenzen, denen der Vorgang zugeführt wird und an deren Ausgang eine dem jeweiligen spektralen Anteil der Schwingung proportionale Spannung gemessen werden kann (**Terz- oder Oktav-Analyse**). Beim **Tonfrequenzspektrographen** wird der Schwingungsvorgang gleichzeitig einem Satz von den ganzen Tonfrequenzbereich umfassenden Filtern zugeführt, deren Ausgangsspannungen periodisch abgetastet und auf dem Schirm einer Katodenstrahlröhre als stehendes Bild (Spektrogramm) sichtbar gemacht werden. Sollen Schallvorgänge mit Komponenten eng benachbarter Frequenzen analysiert werden, verwendet man den **Suchtonanalysator**. Der zu analysierende Vorgang wird hier mit einem Signal veränderlicher Frequenz gemischt, wodurch ein Differenzfrequenzband (Seitenband) veränderlicher Frequenzlage entsteht, das einem sehr schmalbandigen Filter zugeführt wird. Beim Verändern der Frequenz des Suchtones entstehen am Ausgang des Filters den spektralen Anteilen des Vorganges proportionale Spannungen. Die Frequenzänderung und die Registrierung können automatisiert werden.

Schalldämmung, die Minderung der Schallübertragung zwischen zwei Orten, insbesondere Räumen. Da alle Materialien den Schall leiten, muß die S. dadurch bewirkt werden, daß ein großer Teil der Schallenergie an Grenzflächen zwischen verschiedenen Materialien reflektiert wird (z. B. Übergang Luft—Mauerwerk). Besonders wirksam sind Anordnungen, bei denen an

Stoßstellen des Übertragungsweges schallabsorbierendes Material eingesetzt wird (z. B. Doppelwand mit porösem Material im Zwischenraum).

Man unterscheidet zwischen Luft- und Körperschalldämmung. **Luftschalldämmung** ist S. gegen Schall, der sich in Luft ausbreitet. Ein Maß für die Luftschalldämmung eines Bauteiles ist das Schalldämm-Maß (Schallschallschutzmaß) R in Dezibel (Kurzz. dB). Zur Gütekennzeichnung dient das Luftschallschutzmaß E_L . Bei einschaligen Bauelementen ist die Luftschalldämmung in erster Linie abhängig von der Masse der Bauteile und steigt je Verdopplung der Masse um etwa 5 dB. Hohe S. läßt sich bei geringen Massen nur durch mehrschalige Konstruktionen erreichen. **Körperschalldämmung** ist S. gegen Schall, der sich in festen Körpern ausbreitet. Ein Sonderfall ist die **Trittschalldämmung**, die Minderung der durch Begehen von Fußböden als Körperschall erzeugten Geräusche. Maß für die Trittschalldämmung einer Decke ist der Trittschallpegel L_T in dB. Zur Gütekennzeichnung dient das Trittschallschutzmaß E_T . Für ausreichenden Trittschallschutz müssen Decken im allgemeinen mehrschalig aufgebaut sein (z. B. auf einer federnden Schicht schwimmender Estrich, weicher Gehbelag).

Lit. Eichler: Schall im Hochbau (Berlin 1952), Schallschutz im Bauwesen (2. Aufl. Berlin 1959); Kleber: Sperren, Dichten, Dämmen (Berlin 1964).

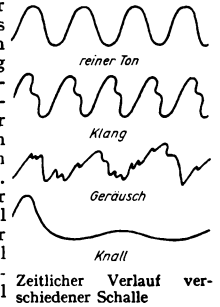
Schalldämpfer, ein Bauelement, das bei niedrigem Strömungswiderstand hohe Schalldämmung aufweist. S. werden vor allem zur Minderung der Auspuffgeräusche an Kraftmaschinen verwendet. Man unterscheidet verschiedene Bauarten. Der **Absorptionsschalldämpfer** besteht aus einem Kanal (Länge groß gegen Querabmessungen) mit absorbierend ausgekleideten Wänden (→ Schallabsorption), in denen die Schallenergie in Wärme umgewandelt wird. Die längenbezogene Schalldämmung (Abnahme des Schalldruckpegels je Längeneinheit) wächst mit der Frequenz; die tiefste Frequenz mit nennenswerter Dämmung wird durch die Schichtdicke bestimmt. Beim **Reflexionsschalldämpfer** werden mehrere → Resonatoren in Form von aufeinanderfolgenden Querschnittsverengungen und -erweiterungen hintereinander angeordnet; dieser S. wirkt als akustisches Tiefpaßfilter, das oberhalb einer Grenzfrequenz eine hohe Schalldämmung aufweist. Beim **Relaxationsschalldämpfer** werden an den Kanal zusätzliche Volumina über Strömungswiderstände angekoppelt, deren Zeitkonstante durch das Produkt aus Strömungswiderstand und Federung gebildet wird. Die längenbezogene Dämmung steigt mit der Frequenz bis zur Relaxationsfrequenz und bleibt darüber konstant.

Bei allen S.n sinkt die Wirksamkeit bei höheren Frequenzen wieder, weil dort infolge der kleinen Wellenlänge die Schallwellen den Kanal passieren können, ohne von den Wänden beeinflusst zu werden.

Schalldose, → Plattenspieler.

Schalldruck, Zeichen p , der das Schallfeld in Gasen und Flüssigkeiten bestimmende Wechsel- druck, der sich dem statischen Druck, z. B. dem atmosphärischen Druck der Luft, überlagert. Einheiten sind die Druckeinheiten. Bevorzugt werden Newton/Quadratmeter (Kurzz. N/m²), Dyn/Quadratcentimeter (dyn/cm²) und Mikrobar (μ bar). Der Schalldruck ist die für das menschliche Hören maßgebende Größe des Schallfeldes. Bei mittleren Frequenzen des menschlichen Hörbereichs beträgt der kleinste noch wahrnehmbare S. etwa $2 \cdot 10^{-8}$ N/m² (Hörschwelle). Dieser Wert dient in der Akustik als Bezugsschalldruck für den → Schalldruckpegel.

Der **Schallstrahlungsdruck** ist der in einem beschallten Medium auf einen Körper anderer Dichte in Richtung der Schallausbreitung wir-



kende Gleichdruck. Er wird mit dem → Schallradiometer gemessen.

Schalldruckpegel, Schallpegel, Zeichen L , eine Rechengröße, die vom → Schalldruck abgeleitet ist und ein einfaches Rechnen mit den in der Praxis auftretenden Schalldrücken gestattet. Sie ist zur Erfassung großer Änderungen des Schalldruckes geeignet und dem menschlichen Hören hinsichtlich der Lautstärkeempfindung, jedoch nicht hinsichtlich der Tonhöhenempfindung angepaßt. $L = 10 \lg p^2/p_0^2$ dB (Dezibel). Dabei ist p = effektiver Schalldruck, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ N/m² = Bezugsschalldruck.

Zum Bestimmen des S.s dient der Schallpegelmessgerät (Geräuschmesser), ein elektroakustisches Meßgerät, mit dem Richtung und Betrag eines Schallfeldes festgestellt werden.

Lit. TGL 200-7755 Akustische Meßtechnik, Geräte zur Messung des S.s.

Schalleistung, Zeichen P , die Schallenergie, die in der Zeiteinheit durch eine beliebige Fläche strömt, gemessen in Watt (W).

Schallempfänger, → elektroakustische Wandler.

Schallgeschwindigkeit, Zeichen c , Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in einem Medium; nicht zu verwechseln mit → Schallschnelle. Die Messung der S. dient vielfach zur Bestimmung der elastischen Konstanten des betreffenden Mediums. In festen Körpern hängt die S. von Elastizitätsmodul E , Scherungsmodul G und Dichte ρ ab. Für Transversalwellen gilt: $c_t = \sqrt{G/\rho}$. In langgestreckten Stäben, deren Durchmesser klein gegen die Wellenlänge ist, beträgt die Ausbreitungsgeschwindigkeit longitudinaler Wellen $c_l = \sqrt{E/\rho}$. In Flüssigkeiten und Gasen sind nur Longitudinalwellen möglich;

in Gasen gilt $c_l = \sqrt{\frac{\kappa \cdot p}{\rho}}$, wobei $\kappa = c_p/c_v$ =

Verhältnis der spezifischen Wärme bei konstantem Druck und konstantem Volumen, p = mittlerer Gasdruck und ρ = mittlere Dichte. Zwischen der S. c , der Wellenlänge λ und der Frequenz f besteht die Beziehung $c = \lambda f$. Bei

Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Medien [m s⁻¹]

Luft (trocken, kohlendioxidfrei)	343	Blei	1250
Wasserstoff	1303	Kupfer	3580
Wasser	1486	Aluminium	5240
Äthylalkohol	1168	Eisen	5170
Glycerin	1923	Quarzglas	5370
		Eichenholz	3380

vielen Stoffen zeigt sich eine vor allem im Ultraschallgebiet auftretende Wellenlängenabhängigkeit der Geschwindigkeit (Schalldispersion), die besonders bei Flüssigkeiten zur Deutung des molekularen Aufbaues verwendet wird. Die S. kann mit Hilfe der Kundtschen Staubfiguren, mittels Interferenzmethoden oder mit dem Echolot gemessen werden. Die S. in der Luft stellt eine wichtige Grenzgeschwindigkeit der Aerodynamik dar. Bei Überschallgeschwindigkeit ist das Umströmungsbild fester Körper ein vollständig anderes. Diese Tatsache spielt vor allem in der Ballistik und Flugtechnik eine Rolle und muß besonders bei der Formgebung von Profilen berücksichtigt werden.

Schallintensität, früher **Schallstärke**, Zeichen I oder I , die in der Zeiteinheit die Flächeneinheit durchsetzende Schallenergie (Schalleistung/Fläche), gemessen in W m⁻² (Watt/m²). Das menschliche Ohr kann im Frequenzbereich seiner größten Empfindlichkeit noch S.en von weniger als 10^{-12} W m⁻², entsprechend einem Schalldruck von 10^{-5} N m⁻², wahrnehmen. Normale Sprache entspricht ungefähr einer S. von 10^{-5} W m⁻². S. von 1 W m⁻² ruft Schmerzempfindungen hervor. Im Gebiet des Ultraschalles arbeitet man mit S.en bis zu 10^4 W m⁻².

Schall-Kennimpedanz, früher **Schallwellenwiderstand**, Zeichen W_0 oder Z_0 , das Verhältnis von Schalldruck zu Schallschnelle in einer fortschreitenden ebenen Schallwelle. Die S.-K. wird gemessen in N s m⁻³ oder $\mu\text{bar s cm}^{-1}$. Sie ist eine Materialkonstante des Mediums und kennzeichnet seine Eigenschaften hinsichtlich der Schalleitung. Für Luft gilt $W_0 = \rho c = 415$ N s m⁻³.

Schallmauer, ein symbolischer Begriff aus der Zeit, als sich die Geschwindigkeiten der Flugzeuge der Schallgeschwindigkeit näherten. Nach dem damaligen Stand der technischen Entwicklung nahm man an, die Schallgeschwindigkeit sei wegen der bei dieser Fluggeschwindigkeit auftretenden flugmechanischen Schwierigkeiten ein unüberwindliches Hindernis. → Überschallknall.

Schallpegel, svw. → Schalldruckpegel.

Schallplatte, eine kreisrunde, flache Scheibe, die auf beiden Seiten eine Schallaufzeichnung in Form einer spiralförmigen Rille enthält. Die S. besteht aus Schellack mit Füllstoffen oder aus Kunstharz und hat einen Durchmesser von 17 bis 30 cm.

Zur Herstellung einer S. wird eine Aufnahmeplatte aus Wachsmischung oder Kunststoffolie auf das **Schneidgerät** aufgelegt und eine Schneidose mit einem aus Saphir oder Diamant bestehenden Schneidstichel aufgesetzt. Die Schneidose wandelt die vom Mikrophon über einen Verstärker kommende, den aufgenommenen Schallschwingungen entsprechende Wechselspannung in kleine seitliche Bewegungen des Schneidstichels um, so daß er eine spiralförmige Rille mit kleinen seitlichen Auslenkungen in die Aufnahmeplatte schneidet (**Seitenschneidverfahren**). Von der Aufnahmeplatte fertigt man auf galvanischem Wege metallene Matrizen an und stellt aus je zwei in einer mit der pulverartigen Rohmasse für die S. beschickten, dampfbeheizten Presse die S. her.

Normalrillenplatten haben einen Rillenabstand von etwa 0,25 mm und werden mit einer Drehzahl von 78 je Minute aufgenommen und wiedergegeben. Längere Spieldauer haben **Schmalrillenplatten** (**Mikrorillenplatten**) mit etwa 0,12 mm Rillenabstand und mit 45, 33 $\frac{1}{3}$ und 16 $\frac{2}{3}$ Umdrehungen je Minute (**Langspielplatten**). Zur Verlängerung der Spieldauer wendet man außer der Schmalrille und den kleinen Drehzahlen auch das **Füllschriftverfahren** an. Der Rillenabstand ist hier nicht gleichbleibend, sondern der Vorschub der Schneidose wird automatisch so gesteuert, daß sich die seitlichen Auslenkungen der Rille gerade noch nicht berühren. Dadurch erreicht man die 1,5- bis 2fache Spieldauer. Die **Zweikomponentenschrift** ermöglicht es, in einer Rille zwei verschiedene Schallereignisse aufzuzeichnen und sie fast völlig getrennt wiederzugeben. Man verwendet derartige S.n zur stereophonen Schallspeicherung (stereophonische S.).

Über das Abspielen von S.n → Plattenspieler. Lit. Sieber, Worm, Sutaner: Schallplattenfibel Leipzig 1958).

Schallquant, svw. → Phonon.

Schalldruckmesser, ein Gerät zum Messen des Schallstrahlungsdruckes (→ Schalldruck). Es besteht aus einer Scheibe, auf die im Schallfeld ein Druck ausgeübt wird, der aus der dadurch hervorgerufenen Torsion des Aufhängefadens ermittelt werden kann.

Schallschluckung, → Schallabsorption.

Schallschnelle, Zeichen v , die bei Schallschwingungen auftretende Wechselgeschwindigkeit der Teilchen des Mediums, gemessen in m s⁻¹; nicht zu verwechseln mit → Schallgeschwindigkeit.

Schallschutz, svw. → Lärmbekämpfung.

Schallsender, → elektroakustische Wandler.

Schallspeicherverfahren, Verfahren, mit denen man den zeitlichen Verlauf eines Schall-

ereignisses festhält, um seine Wiedergabe zu ermöglichen. Ein mechanisches S. ist das → Nadeltonverfahren, ein magnetisches das → Magnettonverfahren, ein optisches das → Lichttonverfahren.

Schallspektroskopie, svw. → Schallanalyse.

Schallstärke, svw. → Schallintensität.

Schallwandler, svw. → elektroakustische Wandler.

Schallwaschgerät, ein elektrisches Gerät zum Reinigen von Textilien mittels Schallschwingungen. Es besitzt als Hauptteil einen Schallsender, der Schallschwingungen ausstrahlt; mit deren Energie kann besonders hartes Waschgut in einer Waschlauge gereinigt werden. Gebräuchlich sind vor allem Schallsender nach dem magnetischen Prinzip, d. h. elektromagnetische Membranen, die bei Anschluß an das Wechselstromnetz über einen Transformator erregt werden. Der Strom gelangt in eine Spule und erzeugt in einem Eisenkern ein Magnetfeld. Dadurch wird ein Anker, mit dem die Membran verbunden ist, angezogen, und zwar in jeder Periode des Wechselstromes zweimal. Nachteilig beim S. sind der intensive Brummtönen und die auftretenden Erschütterungen.

Schallwellenwiderstand, → Schall-Kennimpedanz.

Schälmaschine, in der Fertigungstechnik eine Sonderdrehmaschine, auf der gewalzte Rundmaterial mit einem umlaufenden Messerkopf bei geringen Spantiefen abgedreht wird. Der Flugkreis der Schneidspitze entspricht dabei dem Enddurchmesser. Muß der Umfang des Rundmaterials sehr verringert werden, so setzt man mehrere Meißel hintereinander an, die den Enddurchmesser in einem Durchgang herstellen. Durch Schälen lassen sich genaue Durchmesser und eine hohe Oberflächengüte erreichen. Geschälte Werkstücke sind außerdem frei von inneren Spannungen.

Schalstein, ein → Tuff.

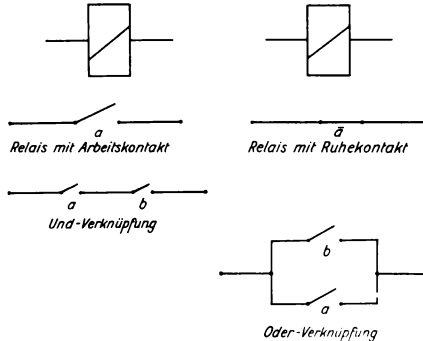
Schaltalgebra, logische Algebra, die Lehre von den Verknüpfungen zweiwertiger (oder mehrwertiger) Entscheidungen, insbesondere in Schaltungen. Im allgemeinen werden nur Entscheidungen zwischen zwei Möglichkeiten betrachtet; diese Art der S. wird nach dem Wegbereiter der algebraischen Behandlung logischer Probleme. George Boole (1815–1864), auch **Boolesche Algebra** genannt. Sie entspricht der Funktionsweise der meisten technischen Schaltelemente. Zum Beispiel kann der Kontakt eines Relais nur geöffnet oder geschlossen sein. Eine auf ihre Richtigkeit hin zu entscheidende Aussage (z. B. Kontakt geschlossen) wird durch eine logische **Aussagenvariable** symbolisiert, die nur die Werte 0 (Nein-Entscheidung) oder 1 (Ja-Entscheidung) annehmen kann. Die Variable a für einen Arbeitskontakt, d. h. einen Kontakt, der nur bei Stromführung der Relaispule geschlossen ist, erhält also den Wert 0 zugeordnet, wenn dieser geöffnet ist (Null-Signal), und den Wert 1, wenn er geschlossen ist (Eins-Signal). Die logischen Grundverknüpfungen sind 1) die **Negation** \bar{a} („ a quer“): \bar{a} nimmt den Wert 1 an, wenn a den Wert 0 annimmt, und den Wert 0, wenn a den Wert 1 zugeordnet bekommt; z. B. ist die Negationsschaltung zum Arbeitskontakt der Ruhkontakt, der nur dann geschlossen ist (Eins-Signal am Ausgang), wenn die Relaispule nicht erregt ist (Null-Signal am Eingang), Abb.; 2) die **Und-Verknüpfung** $a \wedge b$ oder ab („ a und b “, Konjunktion, logisches Produkt): beide Variablen müssen mit 1 belegt sein, wenn 1 resultieren soll (Realisierung durch Reihenschaltung zweier Arbeitskontakte, Abb.); 3) die **Oder-Verknüpfung** $a \vee b$ („ a oder b “, Disjunktion, logische Summe): eine der Variablen oder beide müssen mit 1 belegt sein für das Ergebnis 1 (Parallelschaltung zweier Arbeitskontakte, Abb.). Weitere Ver-

knüpfungen zweier Variablen sind Äquivalenz, Antivalenz, Implikation, Nor- und Nand-Verknüpfung.

Die drei Grundverknüpfungen der Schaltalgebra

Negation		Und-Verknüpfung			Oder-Verknüpfung		
a	$y = \bar{a}$	a	b	$y = a \wedge b$	a	b	$y = a \vee b$
0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	1
		1	0	0	1	0	1
		1	1	1	1	1	1

Indem man logische Variablen miteinander verknüpft, gelangt man zu logischen Ausdrücken, z. B. $a \vee b$ oder $b\bar{a} \vee \bar{a} \vee abc$. Diese legen weitgehend die Struktur der zugehörigen Schaltung fest. Schaltungen, die auf gleiche Eingangssignale mit gleichen Ausgangssignalen antworten, realisieren dieselbe **logische Funktion** $y = f(a, b, \dots, x)$; d. h., Ausdrücke, die gleichen Belegungen der unabhängigen Variablen gleiche Belegungen der abhängigen Variablen zuordnen, vertreten dieselbe logische Funktion. Ist die Folge der Ausgangssignale unabhängig von der zeitlichen Reihenfolge der Eingangssignale, so spricht man von einer **kombinatorischen Schaltung** (Schaltkreis), andernfalls von einer **sequentiellen** oder **Folgeschaltung** (Schaltwerk).

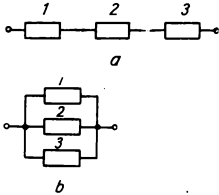


Das Anliegen der S. ist eine möglichst umkehrbar eindeutige Beschreibung von Schaltungen durch logische Ausdrücke oder Systeme von Ausdrücken, die Herleitung von Umformungsregeln zur Feststellung der technischen Gleichwertigkeit verschiedener Schaltungen und zur Verringerung des technischen Aufwandes realisierter Schaltungen (Minimierung) sowie die Entwicklung von Methoden zur Umsetzung logischer Ausdrücke in Schaltungen.

Lit. Caldwell: Der logische Entwurf von Schaltkreisen (dtsh München/Wien 1964); Gawrilow: Relais-Schaltkreise (dtsh Berlin 1953); Whitesitt: Boolesche Algebra und ihre Anwendungen (dtsh Braunschweig 1964); Bar: Einführung in die S. (Berlin 2. Aufl. 1960).

Schalter, ein Gerät zum willkürlichen oder selbsttätigen Schließen oder Unterbrechen eines Stromkreises. Er besteht aus Schaltkontakten und einem Betätigungsglied. Beim Betätigen des S.s werden je Stromweg zwei Kontaktstücke in Berührung gebracht bzw. getrennt. Beim Abschalten entsteht zwischen den Kontakten ein Schaltlichtbogen, der bei kleineren Abschaltströmen von selbst erlischt, während bei höheren Abschaltströmen das Lösen mit Hilfe von Öl, Druckluft, Wasserdampf oder Hartgas erfolgt. Man unterscheidet nach der Antriebsart **Hand-** und **Fußschalter**, die durch menschliche Kraft betätigt werden, und **Fernschalter**, die durch einen Antrieb, z. B. Druckluft-, Motor- oder Magnetantrieb, betätigt werden; nach der Abschaltspannung **Niederspannungs-** und **Hochspannungsschalter**.

Schaltklinke



Reihenschaltung (a) und Parallelschaltung (b) von drei Schaltelementen (1, 2, 3)

Niederspannungsschalter (für Spannungen zwischen 60 und 10000 V) werden z. B. ausgeführt als **Schutzschalter** zum Schutz von Anlagen und Geräten vor unzulässigen Strömen und Fehlspannungen, **Trenner** zur Trennung eines Stromkreises in allen Leitern bei zuverlässiger Anzeige der Schaltstellung, und **Steuerschalter** zum Steuern von Haupt- und Hilfsstromkreisen. **Schütze** sind ein- oder mehrpolige S., die über einen Hilfsstromkreis durch Elektromagnete von fern betätigt werden und – solange der Hilfsstromkreis eingeschaltet ist – in der Einschaltstellung verbleiben. Mehrere Schütze, zu einem Schaltelement vereinigt, bilden eine **Schutzsteuerung**. **Installations- und Geräteschalter** (meist für Spannungen von 250 und 500 V) sind **Dreh-, Kipp-, Druckknopf- oder Zugschalter**. Zum Schalten höherer Ströme werden oft **Paketschalter**, d. s. Drehschalter mit Handbetätigung, bei denen der Gesamtstrom auf mehrere, in geschlossenen Kammern liegende Kontakte verteilt ist, verwendet. Für selbsttätige Schaltanlagen, z. B. in Heizgeräten, benutzt man häufig den **Quecksilberschalter**. Er besteht aus einer luftleeren Glasröhre, in die die Enden der Anschlußleitungen eingeschmolzen sind. Beim Kippen der Glasröhre stellt ein Tropfen Quecksilber den Kontakt zwischen den Anschlußleitungen her.

Bei **Hochspannungsschaltern** (Spannungen über 10000 V) unterscheidet man **Leerschalter**, die nur in stromlosem Zustand geschaltet werden dürfen, **Lastschalter**, die etwa den Nennstrom einer Anlage abschalten müssen, und **Leistungsschalter**, die im Kurzschlußfall den vollen Kurzschlußstrom einer Anlage abschalten müssen.

Für besondere Aufgaben dienen z. B. **Grenzschalter**, die bei Unter- oder Überschreiten eines eingestellten Grenzwertes der zu überwachenden Größe (Strom, Spannung, Temperatur) selbstständig ansprechen. Bei **Fehlernspannungsschutzschaltern**, z. B. an Elektroherden, ist das Gehäuse zum Schutz gegen Überspannung durch Isolationsfehler (→ Berührungsspannung) über einen Auslöser geerdet, der das Gerät bei 22 V allpolig abschaltet. Straßenbeleuchtungen u. dgl. werden beim Über- oder Unterschreiten einer bestimmten Helligkeit durch → **Dämmerungsschalter** aus- oder eingeschaltet.

Lit. Philippow: Elektrotechnik Bd II (Berlin 1967); Schulze: Technik der Wechselstromhochspannungsschalter (2. Aufl. Berlin 1966).

Schaltklinke, der Teil eines Schaltwerkes (→ Sperrgetriebe), der die Bewegung auf das Schalt- rad überträgt. Gegensatz: → Sperrklinke.

Schaltplan, in der Elektrotechnik ein Plan für die Zusammenschaltung elektrischer Leitungen, Maschinen, Apparate und Geräte in genormten Zeichen (→ Schaltzeichen) zur Projektierung, Ausführung und Inbetriebnahme elektrischer Anlagen oder zur Orientierung bei Schaltmaßnahmen.

Schaltpult, → Schalttafel.

Schalttafel, 1) **Meßtafel**, eine Tafel aus isolierendem und nicht brennbarem Material, auf der alle zeigenden und schreibenden Meßgeräte, Zähler, Spannungsregler (Schnellregler), Relaisableaus, Schalter u. a. einer elektrischen Zentrale angebracht sind. Mitunter, vor allem in Kraftwerken, sind die Handregelgeräte und Schalter zur Fernbetätigung der Leistungsschalter auf einem **Schaltpult** vor der S. montiert. Um einen guten Überblick über die Schaltungen sowie die Schaltmöglichkeiten zu haben, werden die Sammelschienen mit den ankommenden und abgehenden Stromzweigen auch in einem Blind- oder Leuchtschaltbild auf der S. unterhalb der Meßinstrumente dargestellt. Um eine störungsfreie und sichere Arbeit zu gewährleisten, werden S.n und Schaltpulte von Kraftwerken in einer **Schaltwarte** (Tafel 46), getrennt vom Maschinenhaus, untergebracht.

2) **Zählertafel**, eine Tafel, auf der bei Stromabnehmern, vor allem in Wohnungen, die Zähler und Sicherungen untergebracht sind.

Schaltung, 1) die Anordnung der leitenden Verbindungen zwischen den Schaltelementen in elektrischen Stromkreisen. Nach der Art der Schaltelemente unterscheidet man S.en mit **passiven Schaltelementen** (Ohmsche Widerstände, Induktivitäten, Gegeninduktivitäten und Kapazitäten, auch in Form von Meßgeräten, Glühlampen oder Elektromotoren) und solche mit **aktiven Schaltelementen** (Akkumulatoren, Generatoren). Nach der Stromart unterscheidet man **Gleichstromschaltungen** und **Wechselstromschaltungen**. Charakteristische S.en sind die **Reihenschaltung** (auch **Serienschaltung** oder **Hinter-einanderschaltung** genannt) und die **Parallelschaltung** (Abb.). Bei Drehstrom unterscheidet man Sternschaltung und Dreieckschaltung (→ Dreiphasenstrom). S.en, die vorwiegend Relais als Schaltelemente enthalten, werden als **Steuerschaltungen** bezeichnet und vorteilhaft unter Verwendung der → Schaltalgebra entworfen.

Bei Glühlampenschaltungen unterscheidet man: **Serienschaltungen**, die zum aufeinanderfolgenden Ein- und Ausschalten von zwei Stromkreisen dienen und hauptsächlich für mehrflammige Beleuchtungskörper bestimmt sind, **Gruppenschaltungen**, die ein abwechselndes Ein- und Ausschalten zweier Stromkreise ermöglichen, **Wechselerschaltungen**, mit denen ein unabhängiges Ein- und Ausschalten eines Stromkreises von zwei Stellen aus möglich ist, **Kreuzschaltungen**, mit denen ein unabhängiges Ein- und Ausschalten eines Stromkreises von drei Stellen aus möglich ist.

In der Funk- und Fernmeldetechnik werden bevorzugt → gedruckte Schaltungen eingesetzt.

Lit. Klein: Grundlagen der Theorie elektrischer S.en (Berlin 1961); Handb. Schaltanlagen, Bd 1 (2. Aufl. Berlin 1967); S.en der Starkstromtechnik (2. Aufl. Berlin 1964).

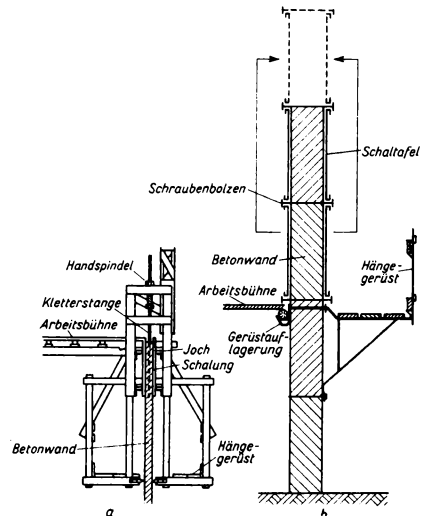
2) die Einstellung der verschiedenen Übersetzungen (Gänge) bei → Kraftfahrzeugen.

Schaltwarte, → Schalttafel.

Schaltwerk, ein → Sperrgetriebe.

Schaltzeichen, auf elektrischen Schaltplänen und -skizzen angewandte einheitlich genormte Zeichen für die einzelnen Bauelemente (TGL 16003 bis 16049). Übersicht S. 903.

Schalung, 1) im monolithischen Beton- und Stahlbetonbau die Form, in die der Beton ein-



Schalung: a Gleitschalung, b Kletterschalung

Schamotte

untergenagelte Brettlage zur Befestigung des Putzträgers.

Schamotte, ein feuerfestes Erzeugnis mit dem Kegelfallpunkt SK 26 bzw. PK 158 (1580 °C) und mehr. S. besteht aus etwa 50 bis 65 % hochgebranntem gekörntem Ton und Schiefer-ton (Magerungsmittel) und 35 bis 50 % hochplastischem, feuerfestem Ton (Bindemittel). Die Herstellung erfolgt durch plastische Verformung der mit Wasser eingesumpften Masse, durch Gießen oder Trockenpressen bei nur etwa 9 % Wassergehalt. Weiteres → feuerfeste Baustoffe.

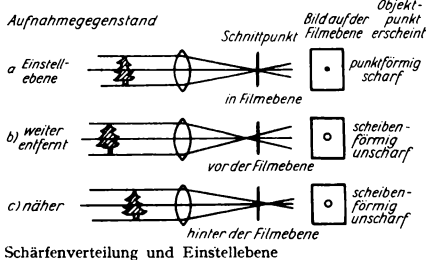
Schanzkleid *n*, eine um das Oberdeck besonders von Frachtschiffen laufende, geschlossene Schutzwand als Verlängerung der Bordwand, im Unterschied zur **Reling**, einem an der Bordwand angebrachten, mitunter umklappbaren Geländer um ein freiliegendes Deck.

Schappe *f*, 1) Bergbau: ein Bohrwerkzeug für das drehende Tiefbohren in weichem Gestein. Die S. ist ein zylindrischer Hohlkörper mit Längsschlitz und einer Schneide, deren Form sich nach dem zu durchbohrenden Gestein richtet.

2) Textiltechnik: zu Fasern aufbereitete Abfälle der → Naturseide.

Schären, in der Weberei ein Arbeitsgang zur Bildung der Kette. Die von einem Spulgatter (**Schärgatter**) kommenden Fäden werden auf die Schärtrammel der **Schärmaschine** als schmales Fadenband mit der dem Gewebe entsprechenden Kettfadendichte aufgewickelt; mehrere Fadenbänder folgen nebeneinander. Die Fäden aller Bänder werden dann gemeinsam auf den Kettbaum gewickelt (Bäumen).

Schärfentiefe, **Tiefenschärfe**, in der Photographie der Bereich, innerhalb dessen die Abbildung



eines Gegenstandes durch ein Objektiv scharf erscheint. Exakt scharf werden nur Gegenstandspunkte abgebildet, die in der Einstellebene des Objektivs liegen. Vor oder hinter der Einstellebene liegende Punkte werden infolge der Beugung nicht mehr als Punkte, sondern als Scheibchen (Streuscheibchen) abgebildet, die um so größer sind, je weiter der Punkt von der Einstellebene entfernt ist. Die S. kommt nun dadurch zustande, daß Streuscheibchen unter einem bestimmten Durchmesser (etwa $\frac{1}{6}$ mm) beim Betrachten im normalen Betrachtungsabstand dem menschlichen Auge noch als Punkt erscheinen. Verengt man den Lichtstrahlenkegel mit Hilfe einer in den Strahlengang gebrachten Blende, so wird bei gleicher Einstellung der Durchmesser der Streuscheibchen kleiner, die S. somit größer. Bei kürzeren Brennweiten können sich keine so großen Streuscheibchen ausbilden, die S. nimmt also bei Verringerung der Brennweite eines Objektivs zu.

Schatten, der lichtfreie Raum hinter einem beleuchteten undurchsichtigen Körper. Wird ein Gegenstand durch eine nahezu punktförmige Lichtquelle angestrahlt, so entsteht ein scharf begrenzter lichtfreier S. hinter dem Gegenstand. Bei der Beleuchtung eines Körpers durch eine nicht punktförmige Lichtquelle gibt es ein Gebiet, in das kein Lichtstrahl gelangt (**Kern-**

schatten), und ein Gebiet, das nur von Teilen der Lichtquelle bestrahlt wird (**Halbschatten**). Bei Schattenkonstruktionen legt man geradlinige Lichtausbreitung zugrunde und sieht von der Beugung an den Körperkanten ab.

Schattenmikroskop, ein auf der Schattenprojektion beruhendes Mikroskop. Es wurde zunächst als **Elektronenschattenmikroskop** verwirklicht. Bei diesem wird ähnlich wie beim → Rastermikroskop mit Hilfe zweier Linsen ein feiner feststehender Brennfleck erzeugt. Das in kleinem Abstand angeordnete Objekt wird durchstrahlt und im Schattenwurf auf Leuchtschirm oder Photoplatte projiziert. Gleichzeitig entsteht bei kristallinen Objekten das zugehörige Elektronenbeugungsbild. Beim **Röntgenschat-tenmikroskop** trifft die Elektronensonde auf eine extrem dünne Folie aus Metall und erzeugt einen Röntgenbrennfleck von beispielsweise 1 µm (Mikrometer). Die Folie bildet gleichzeitig den vakuumdichten Abschluß des elektronenoptischen Teils der Apparatur. Ein in den Röntgenstrahlengang gebrachtes Objekt kann nunmehr, nach dem Abstandsverhältnis vergrößert, auf Schirm oder Platte abgebildet werden. Die Auflösung ist durch die Größe des Brennflecks begrenzt und hat die des Lichtmikroskops bereits erreicht. Die Helligkeit ist bei höheren Vergrößerungen gering. Um einen guten Kontrast zu erreichen, wird mit verhältnismäßig weicher Röntgenstrahlung gearbeitet, die durch Elektronen von höchstens 10 kV (Kilovolt) angeregt wird. Objekt, Schirm und Photoplatte liegen an Luft. Das Röntgenschat-tenmikroskop ermöglicht die Beobachtung von Objekten (auch lebenden), die von Licht oder Elektronen auf Grund ihrer Farbe oder Dicke nicht durchstrahlt werden können.

Schaubild, swv. → graphische Darstellung.

Schauer, 1) Physik: das gleichzeitige Auftreten einer großen Anzahl von Elementarteilchen (Elektronen oder Mesonen) in der → kosmischen Strahlung).

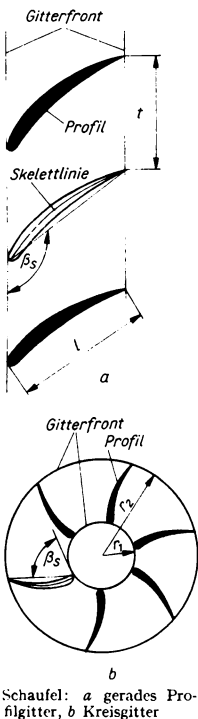
2) Meteorologie: eine Form der → Hydro-meteore.

Schaukel, bei Strömungsmaschinen Teil der Leit- und Laufräder zur Umlenkung des strömenden Mediums. Die S. besteht aus dem umströmten Schaukelblatt und dem zur Befestigung dienenden Schaukelfuß. Je nach der Form unterscheidet man zwischen zylindrischer und verwundener S. Infolge von Zentrifugalkräften, Temperaturen (bei Gas- und Dampfturbinen) und dynamischen Strömungskräften ist die S. ein hoch beanspruchter Bauteil und wird meist aus hochwertigen Stählen hergestellt.

In regelmäßiger geometrischer Anordnung verbundene S.n werden als **Schaukelgitter** bezeichnet. Die Verbindungslinie der Schaukelvorder- oder -hinterkanten bildet die Gitterfront, nach deren Form gerade Schaukelgitter und Kreisgitter unterschieden werden. Nach der Durchströmrichtung unterteilt man in axiale und radiale Schaukelgitter (→ Strömungsmaschine) sowie in diagonale Schaukelgitter (Francisturbine, → Wasserturbine). Bei zweidimensionaler Strömung (unendliche Schaukelänge) spricht man von einem ebenen und bei dreidimensionaler Strömung (endliche Schaukelänge) von einem räumlichen Schaukelgitter. Ein Schnitt senkrecht zu den S.n ergibt das Profilgitter (Abb.), dessen charakteristische Größen außer der benutzten Profilform und dem Staffellungswinkel β_s beim geraden Profilgitter das Teilungsverhältnis t/l (t = Abstand zwischen zwei benachbarten S.n, l = Sehnenlänge einer S.) und beim Kreisgitter das Radienverhältnis r_1/r_2 und die Schaukelzahl z sind.

Schaukellader, → Lademaschinen.

Schaukellrad, 1) ein Fortbewegungsmittel für Binnenschiffe. Das S. ist ein breites Rad, das



am Umfang mit mehreren festen oder beweglichen Schaufeln versehen ist. Bei Drehung des S. tauchen die Schaufeln nacheinander in das Wasser und bewegen so das Schiff fort. Beim Seitenradschiff ist auf jeder Seite, meist mittelschiffs, ein S. angebracht, das Heckradschiff weist ein S. am Heck auf. Als Antrieb des S. dient eine Dampfmaschine oder ein Dieselmotor.

2) das Gewinnungsorgan von Schaufelradbaggern, → Bagger.

Schaukelförderer (Abb.), Fördermittel zum stetigen waagerechten, geneigten oder senkrechten Transport von Stückgütern, z. B. in Lagerhäusern. Der S. gehört zu den → Kettenförderern. Die Tragorgane sind schaukelartige Gehänge, auf denen das Fördergut stets in waagerechter Lage bleibt. Bei entsprechender Ausbildung der Schaukeln und der Aufgabestellen kann das Fördergut selbständig aufgenommen und abgegeben werden. Die Schaukeln hängen frei pendelnd an einer Kette (für kleine Lasten) oder zwischen zwei parallelen Ketten (für größere Lasten). Beim Umlaufschaukelförderer sind die Ketten nicht parallel, sondern versetzt angeordnet, und die Schaukeln werden geführt wie beim Umlaufaufzug (→ Aufzug).

Schaum, feine, kolloide Verteilung eines Gases in einer Flüssigkeit. Die **Schaumbildung** (Schäumen) erfolgt durch geeignete schaumbildende Zusätze, z. B. Seifenlösungen. Es bilden sich zahllose kleine, vielzellige Blasen, die durch Flüssigkeitslamellen voneinander getrennt sind. Ist die Schaumbildung unerwünscht, so werden der zu entsäumenden Flüssigkeit **Entsäumer** (**Schaumverhütungsmittel**), z. B. Paraffinöle, Fettalkohole und Silikonöle (Wz. in der DDR Antaphron), zugesetzt. **Feste Schäume** sind solche, bei denen das Gas in einem festen Stoff dispergiert vorliegt, z. B. Bimsstein, Schaumglas, Schaumgummi.

Schaumbeton, ein Leichtbeton, → Beton.

Schaumglas, ein zu den Schaumstoffen gehörender Werkstoff. S. ist graues, undurchsichtiges Glas, das durch in ihm erzeugte Treibgase im allgemeinen bei Sintertemperatur auf etwa das Zwanzigfache seines Volumens aufgebläht wird, so daß sich ein bienenwabenartiges Zellengerüst bildet. Die Zellräume enthalten Reste der Gase unter Unterdruck, sie stehen in der Regel nicht untereinander in Verbindung. Bei einer Rohdichte von etwa 160 kg m^{-3} ist S. nur etwa halb so schwer wie Kork und übertrifft diesen in der Schwimmfähigkeit. S. ist ein hervorragender Dämmstoff, der eine wirksame Dämmung gegen Wärme und Kälte ermöglicht. Es widersteht Wasser, Säuren und Industrieabgasen und kann Temperaturen bis zu 450°C ausgesetzt werden. Die Druckfestigkeit liegt bei etwa 10 kp cm^{-2} . Die Haftung zwischen S. und Mörtel, Beton, Bitumen oder Kunststoffanstrichen ist gut. S. läßt sich mit Holzbearbeitungswerkzeugen bearbeiten. Zur Herstellung von S. (zu Blöcken oder Platten) wird Glasmehl mit gasabspaltenden Stoffen, z. B. Kalkstein, mit Koks in geschlossenen Formen in generatorgasbeheizten Tunnelöfen in zwei Etappen erhitzt (maximale Temperatur 880°C). Die Formen verlassen den Sinterofen mit einer Temperatur von 630°C und werden anschließend im Kühllofen auf 50°C gekühlt. S. wird vor allem im Bauwesen verwendet, insbesondere als Dachbelag und als Isolationsmaterial für den Bau von Kühlhäusern. Es dient ferner als Schwimmkörper für Behelfsbrücken, Seezeichen und Seerettungsgeräte. Bei Armierung mit Metallnetzen oder -gittern ist S. auch für tragende Konstruktionen, z. B. Fußböden, geeignet.

Schaumgummi, hochelastischer, poröser und leichter Kautschuk mit einer Dichte von $0,10$ bis $0,25 \text{ g cm}^{-3}$, der nach mehreren Verfahren direkt

aus Latex hergestellt wird. Die Latexmischung wird z. B. mit Füllstoffen, Vulkanisationsbeschleunigern, gasentwickelnden Schaumbildnern und bestimmten grenzflächenaktiven Stoffen versetzt und durch starkes Rühren in einen wäßrigen Schaum übergeführt. Nach Zugabe besonderer Gelierungsmittel gießt man die Mischung in Formen. Die erstarrte Masse wird anschließend in Heizkanälen bei 120 bis 130°C mit Heißluft oder Heißdampf vulkanisiert. S. dient hauptsächlich als Polstermaterial für Möbel und Fahrzeugausstattungen.

Schaumkunststoffe, poröse, sehr leichte Stoffe aus verschiedenen Plasten, z. B. aus Phenol-, Harnstoff- und Polyurethanharzen, Polystyrol oder Polyvinylchlorid. Ihre Herstellung erfolgt je nach der Art der S. entweder nach dem Schaumschlagverfahren, bei dem die wäßrige Lösung oder Dispersion eines Harzes durch Einrühren von Luft unter Zugabe von Schaumbildnern zu Schaum geschlagen und danach in der Wärme ausgehärtet wird, oder durch Verschäumen mit Treibmitteln, z. B. Pentan. Man unterscheidet zwischen weichen und harten S., die sich wiederum in offenporige und solche mit überwiegend geschlossenen Poren unterteilen lassen. Weiche S. werden besonders für Polsterungen aller Art und als Schwämme verwendet, während harte S. als spezifisch leichtes und ausgezeichnet wärme- und schalldämmendes Material in der Kältetechnik, im Leichtbau und als Zwischenschicht bei Verbundkonstruktionen dienen. Ferner werden S., besonders geschäumtes Polystyrol, zum Herstellen von Spielwaren, Spezialverpackungen, Massenbedarfsartikeln, Schwimmkörpern u. a. verwendet.

Schaumlöcher, → Handfeuerlöcher.

Schaumsilikat, → Silikate 2).

Schaumstoffe, aufgeblähte und in diesem Zustand erstarrte, starre bis elastische Erzeugnisse. Man unterscheidet → Schaumkunststoffe, → Schaumgummi, → Schaumglas und Schaumbeton (→ Beton).

Scheeles Grün, → Kupfer.

Scheelit, ein Mineral, wichtiges Wolframerz, CaWO_4 ; tetragonal, grau bis gelb, Härte nach Mohs fast 5, D. $5,9$ bis $6,1 \text{ g cm}^{-3}$. S. kommt weit verbreitet meist auf kontaktmetasomatischen und hydrothermalen Lagerstätten vor.

Scheibe, 1) Maschinenbau: eine runde Platte mit Bohrung, z. B. Riemenscheibe (→ Riementrieb), Seilscheibe (→ Seilrolle, → Treibscheibe), Unterlegscheiben bei Schraubverbindungen.

2) Statik: ein ebenes Tragwerk (wandartiger Träger). Es wird nur mit Kräften belastet, die in seiner Ebene wirken (im Unterschied zur Platte). Es ist durch Druck- und Zugspannungen beansprucht. Die Berechnung der durch Belastung in der S. erzeugten Spannungen erfolgt mit den Mitteln der Elastizitätslehre. Die Elastizitätslehre zeigt, daß die Normalspannungen σ_x , σ_y und die Schubspannungen τ_{xy} sich durch partielle Differentiation der Airyschen Spannungsfunktion $F(x, y)$ bestimmen lassen: $\sigma_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}$;

$\sigma_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}$; $\tau_{xy} = \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}$. Dabei ist $F(x, y)$ eine

Lösung der Scheibengleichung:

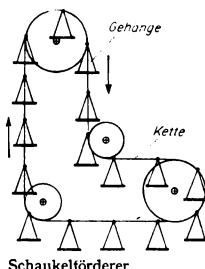
$$\Delta \Delta F = \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} = 0.$$

Die Lösung muß außerdem den Randbedingungen des Problems (Art der Belastung und Stützung) entsprechen.

Scheibenbremse, → Kraftwagen.

Scheibenhöhle, eine → Stoffmühle.

Scheidetrichter, ein gläsernes Laborgerät, in dem nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte getrennt werden, z. B. Wasser und Chloroform.



Schaukelförderer



Scheidetrichter. a spezifisch leichtere, b spezifisch schwerere Flüssigkeit

Scheidewasser

Scheidewasser, → Salpetersäure.

Scheimpflugbedingung, die nach dem Wiederentdecker Scheimpflug benannte Bedingung für die optische Scharfabbildung zweier Ebenen aufeinander in allgemeiner Lage (schiefe Projektion). Danach müssen sich neben der Erfüllung der Linsengleichung Dingebene, Mittelebene des Objektivs und Bildebene in einer Geraden schneiden. Entdecker der beschriebenen Bedingung war Abbe.

Scheinbogen, svw. → Blendbogen.

Scheinleistung, → elektrische Leistung.

Scheinstrom, der in einem Wechselstromkreis wirklich fließende Strom, d. h. die Stromstärke, die vom Strommesser angezeigt wird. Er besteht, bezogen auf die Spannung, aus einem → Wirkstrom und einem → Blindstrom. Nach dem S. werden Leitungen, Kabel und Vorwiderstände bemessen.

Scheinwerfer, ein Gerät zum gerichteten Ausenden eines dichten Lichtbündels. Der S. besteht aus einem in einem Gehäuse eingebauten Paraboloid- oder Sphäroidhohlspiegel (Sammelspiegel, Reflektor), in dessen Brennpunkt sich eine Lichtquelle (Glühlampe oder Bogenlampe) befindet. Das von dieser nach hinten ausgestrahlte Licht wird vom Sammelspiegel aufgefangen, reflektiert und als Bündel paralleler Strahlen nach vorn geworfen. Beim **Kraftfahrzeugscheinwerfer** besteht der Sammelspiegel aus Metall, das im Vakuum auf Aluminium bedampft wird. Die Austrittsöffnung ist durch eine geriffelte Glasscheibe (Streuscheibe) abgeschlossen, die den Strahl in der Waagerechten auseinanderzieht. Um das **Fernlicht** (Reichweite mindestens 100 m) abblenden zu können, verwendet man eine Zweifadenlampe (z. B. Biluxlampe), d. h. eine Glühlampe, die zwei Glühfäden hat, einen Fernlichtfaden im Brennpunkt und einen Abblendfaden vor dem Brennpunkt mit kleinem, nach unten abdeckendem Schirm. Die vom Spiegel reflektierten Lichtstrahlen des Abblendfadens sind schräg nach unten gerichtet (**Abblendlicht**, Reichweite 25 m). Bildet man das Abdeckblech des Abblendfadens und die Riffelung der Scheinwerferscheibe besonders aus, so reicht das Licht auf der in Fahrtrichtung rechten Seite wesentlich weiter als auf der linken, und die Insassen entgegenkommender Fahrzeuge werden nicht geblendet (**asymmetrisches Abblendlicht**). Eine unter der Zweifadenlampe oder in einem gesonderten Gehäuse angeordnete Glühlampe geringer Leistung wird als **Standlicht** eingeschaltet. Zusätzlich zu den Hauptscheinwerfern sind Breitstrahler, Nebel-, Such- und Rückfahrcheinwerfer, in Sonderfällen Tarnscheinwerfer gebräuchlich.

Die S. anderer Fahrzeuge, z. B. Straßenbahntriebwagen, Lokomotiven, Fahrräder, sowie S. zur Beleuchtung von Arbeitsplätzen o. a. sind ähnlich aufgebaut wie Kraftfahrzeugscheinwerfer, haben aber keine Abblendvorrichtung.

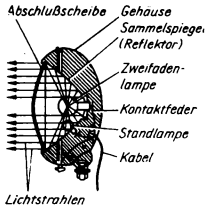
Hochleistungscheinwerfer werden als Bühnenscheinwerfer (z. T. mit farbigen, oft selbsttätig rotierenden Farbfiltern, → Bühnentechnik), als Schiffsscheinwerfer und Wolkenscheinwerfer auf Flughäfen, in Leuchttürmen, in der Luftverteidigung verwendet. Es sind meist allseitig bewegliche S. mit einer Bogenlampe.

Scheinwiderstand, svw. → Wechselstromwiderstand.

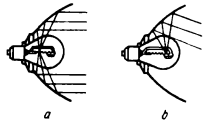
Scheitel, 1) Mathematik: a) Schnittpunkt der beiden Schenkel eines Winkels; b) die Endpunkte der Achsen eines Kegelschnitts oder einer Fläche 2. Ordnung, z. B. eines Ellipsoids; c) die Spitze eines Kegels oder einer Pyramide; d) der Träger eines Geradenbüschels (→ Bündel), d. h. der Punkt, durch den alle Geraden des Büschels gehen.

2) Astronomie: **Scheitelpunkt**, svw. → Zenit.

3) Bauwesen: → Bogen.



1 Kraftfahrzeugscheinwerfer (Querschnitt)



2 Strahlengang bei der Zweifadenlampe: a) Fernlichtfaden eingeschaltet, b) Abblendfaden eingeschaltet

Schelf m, Kontinentalsockel, der unter dem Meeresspiegel liegende Rand der Kontinente. Er erstreckt sich verhältnismäßig flach von der Küste bis zum Beginn des stärker geneigten, nach der Tiefe abfallenden Kontinentalhangs, d. h. etwa bis zu 200 m Tiefe. Die darüber befindliche Meeresregion ist das **Schelfmeer** (z. B. die Nordsee), darin liegende Inseln werden **Schelfinseln** genannt (z. B. die Britischen Inseln). In Antarktika ist ein Teil des S.s vom **Eisschelf**, dem Rand des Inlandeises, bedeckt.

Schellack, ein natürliches Harz tierischen Ursprungs. S. wird von der Lackschildlaus *Tachardia lacca* produziert, die den Saft verschiedener ostindischer Bäume aufsaugt und in Form einer aus S. bestehenden Kruste wieder ausscheidet. S. ist wegen seiner Polierfähigkeit (Tischlerpolitur) wertvollster Ausgangsstoff für die Herstellung von Spirituslack. Er dient ferner zur Schallplattenherstellung und wird zu Siegelack, Firnis, Kitt u. a., neuerdings auch zu Preßmassen zusammen mit Kasein verarbeitet.

Schenkel, 1) → Dreieck. 2) → Falte. 3) → Bühnentechnik.

Scherben, gebrannte, in der Regel geformte Masse (Bruch). Je nach Massezusammensetzung, Höhe und Dauer des Brandes unterscheidet man Glüh-(Schruh-)Scherben, Gut-(Glatt-)Scherben und Schamotte(scherben). S. werden als Rohstoff in gekollierter oder gemahlener Form den Massen oder Glasuren zugesetzt.

Scherbenkobalet, ein sprödes und undurchsichtiges Mineral, chemisch gediegenes Arsen. S. bildet schwärzliche Massen; Härte nach Mohs 3 bis 4, D. 5,4 bis 6,9 g cm⁻³. Es findet sich auf Erzgängen neben arsenhaltigen Silber- und Kobalterzen.

Scherbiusmaschine, → elektrische Maschine.

Schere, ein Handwerkzeug oder eine Werkzeugmaschine zum mechanischen Trennen von Stoffen durch Scherschneiden (→ Zerteilen). Man unterscheidet Hand- und Maschinenscheren. 1) Die **Handschere** besteht aus zwei durch einen Bolzen miteinander drehbar verbundenen Schenkeln mit angeschliffenen Schneidkanten, die beim Zusammendrücken der Handgriffe gegeneinander bewegt werden, oder aus einem federnden Stahlbügel mit endständigen Schneiden (Schaf-, Rasenschere). Der Stoff wird dabei längs der Schneidkante abgesichert. Zur Aufbringung der Schneidkraft von Hand wird die Hebelwirkung ausgenutzt. Die gewöhnliche Blechschere hat gerade, die Besäumschere abgebogene, die Lochschere gekrümmte Schneidkanten. Größere S.n werden als **Handhebscheren** gebaut, bei denen eine Schneide feststeht und die andere unter einem Winkel kreuzt.

2) Bei **Maschinenscheren** wird eine Schneide maschinell bewegt. **Hebscheren**, die wie Handhebscheren arbeiten, sind z. B. die Tafel- oder Schlagscheren zum Schneiden von Werkstofftafeln, die Knüppelscheren für Rund- und Vierkantstahl, Platinen- und Schrottscheren sowie Profilscheren mit gegenseitig zum Werkstückprofil gestalteten Schneiden. Bei **Parallelscheren** (**Rahmenscheren**), die besonders zum Schneiden von Blech dienen, wird das Oberwerkzeug über einen Kurbeltrieb (**Kurbelschere**) parallel zu einem feststehenden Unterwerkzeug oder einer Unterlage bewegt. Bei manchen Parallelscheren führt das Oberwerkzeug außer einer senkrechten Bewegung auch eine Bewegung entlang der Schneidkante des Unterwerkzeuges aus, so daß ein ziehender Schnitt entsteht. Solche S.n sind mit zwei Knie- oder Winkelhebeltrieben in der Schneidebene versehen. Mit **Kombinationsscheren** können sowohl Bleche als auch Profile verschiedenen Querschnitts getrennt werden.

Bei **Aushau**-, **Figuren**- und **Knabberscheren** wird ein Stößel mit Schneide über einen Kurbel-

oder Exzentertrieb sehr schnell auf- und abbewegt. Als Unterwerkzeug dient eine Schnittplatte. Die schnelle Schnittfolge ermöglicht das Schneiden beliebig verlaufender Schnittlinien ohne Vorlochen mitten aus dem Blech heraus.

Kreis- oder Rollenscheren enthalten als Schneidwerkzeuge zwei umlaufende Werkzeuge mit kreisförmigen, geschlossenen Schneiden, zwischen denen das Werkstück hindurchgezogen wird. **Streifenscheren** weisen mehrere Paare von rotierenden Schnittrollen auf, deren Wellen waagrecht und parallel zueinander liegen. Streifenscheren werden zum Trennen von Tafeln und Papier in Streifen benutzt.

Rollenscheren, bei denen eine Schneidrolle mit Hilfe einer Kette an einem Unterwerkzeug mit gerader Schneide entlanggezogen wird, dienen als Langschnittscheren für Bleche und werden auch als **Kettenscheren** bezeichnet.

Beim Scherschneiden tritt in der Ebene senkrecht zur Schneide ein Biegemoment auf, welches das Bestreben hat, das Werkstück anzuheben. Um es auszugleichen, haben die meisten Maschinenscheren einen Niederhalter.

Scheren, 1) Textiltechnik: ein Ausrüstungsverfahren, bei dem von der Gewebeerfläche abstehende Fasern bei Rohwaren und Florgeweben auf gleiche Länge oder bei anderem Gewebe völlig abgesichert werden. In der **Schermaschine** werden die Fasern des durchlaufenden Gewebes von Bürstenwalzen aufgerichtet und auf dem keilförmigen Schertisch von spiralförmigen, auf schnell rotierenden Zylindern angeordneten Messern abgeschnitten.

2) Gerberei: das Entfleischen der Haut, → Gerberei.

3) Rauchwarenzurichtung: das gleichmäßige Verringern der Länge der Haare.

Scherfestigkeit, Zeichen τ_{AB} , die zum → Abscheren erforderliche Höchstkraft F_{max} dividiert durch die Fläche des abgesicherten Querschnitts

$$A_0; \tau_{AB} = \frac{P_{max}}{A_0}. \text{ Man ermittelt die S. im Scher-}$$

versuch, bei dem die Probe durch zwei gegeneinander wirkende, in der gleichen Ebene liegende Kräfte (reine Schubbeanspruchung) belastet wird. Bei der praktischen Ausführung treten immer zusätzliche Biegespannungen auf. Am häufigsten wendet man den zweiseitigen Scherversuch an, bei dem das Abscheren gleichzeitig in zwei Querschnitten der Probe vor sich geht. Die S. läßt sich angenähert aus der Zugfestigkeit errechnen. Erfahrungsgemäß ist das Verhältnis

$$\frac{\tau_{AB}}{\sigma_B} \quad (\sigma_B = \text{Zugfestigkeit}) \text{ für Stahl etwa } 0,75,$$

für graues Gußeisen mit Lamellengraphit etwa 1,05 und für Aluminiumknetlegierungen etwa 0,65. Abarten des Scherversuchs sind Loch- und Stanzversuche, die für das Prüfen von Feinblechen Bedeutung haben. Wegen der auch hier auftretenden Biegebeanspruchung kann die eigentliche Schubfestigkeit, wie sie im Verdrehversuch bestimmt werden kann, nicht ermittelt werden.

Scherschneiden, → Zerteilen.

Scherstift, ein Sicherkeitsstift, der bei Überlastung bestimmter Maschinenbauteile abgesichert wird.

Scherung, Schub, die Verschiebung (Gleitung) zweier benachbarter, parallel zueinander liegender Schichten eines festen Körpers durch tangential wirkende äußere Kräfte (**Scherkräfte**) ohne Volumenänderung (Gestaltelastizität) des Körpers. Bei geringer Beanspruchung bleibt die Gestaltänderung elastisch, bei stärkerer Belastung tritt plastische Verformung und schließlich der Bruch ein (→ Abscheren). Ein Sonderfall der S. ist die Torsion eines zylinderrförmigen Körpers.

Scherversuch, → Scherfestigkeit.

Scheuern, 1) ein Oberflächenbehandlungsverfahren

zum Entfernen des an Guß- und Schmiedestücken anhaftenden Sandes und Zunders. Die Werkstücke werden in Scheuerglocken oder Putztrommeln, die meist um eine horizontale Achse rotieren, gegeneinandergeworfen und so gereinigt und geglättet.

2) → Polieren.

Schicht, in der Geologie ein tafeliger oder plattiger Sedimentgesteinskörper, dessen Dicke im Verhältnis zur flächenhaften Ausdehnung gering ist. Die Ablagerung in S.en, die **Schichtung**, ist bedingt durch Veränderungen des Sedimentmaterials (→ Fazies) oder durch Verfestigung des bereits abgelagerten Materials während einer Unterbrechung der Sedimentation. Die Schichtung ist das charakteristische Primärgefüge der Sedimentgesteine, die daher auch als **Schichtgesteine** bezeichnet werden.

Schichtaufnahme, → Röntgendiagnostik.

Schichtfestmeter, Kurzsz. **sfm**, in der DDR ab 1. 1. 1956 gültige Einheit in der Forstwirtschaft. 1 sfm ist gleich dem Volumen eines kubischen Schichtholzstapels, in dem genau 1 fm (Festmeter) Holz enthalten ist.

Schichtholz, → Holz.

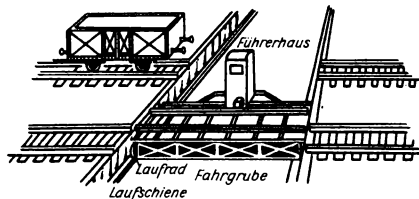
Schichtlinien, → Reliefdarstellung.

Schichtneigungsmessung, → Bohrlochmessungen.

Schichtpreßstoffe, Werkstoffe, die aus schichtweise angeordneten, mit Kunstharz imprägnierten Gewebestoffen aus organischen Fasern, Papier- oder Pappbahnen oder Furnieren durch Zusammenpressen mit einem Druck über 35 kp cm⁻² und Erwärmung hergestellt werden. Als Kunstharze werden Tränkhharze auf der Basis von Phenol-Kresol-Harzen und Harnstoff- oder Melamin-Harzen verwendet. Die zum Fließen des Harzes erforderliche Temperatur und der Druck werden in einer Ein- oder Mehretagenpresse aufgebracht.

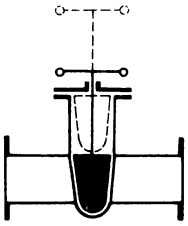
Je nach dem Harzträger entstehen Hartgewebe, Hartpapier und Plast-Preßlagenholz (→ Holz). Der Harzträger bei **Hartgewebe** ist Baumwoll-, Zellwoll- oder Leinengewebe oder ein Gemisch dieser Gewebe. Das Tränkhharz ist meist ein Phenol-Kresol-Harz. Die beim Pressen hergestellten Halbzeuge, wie Platten, Stangen oder Rohre, können spanabhebend weiter bearbeitet werden, z. B. zu Lagern, Zahnradern und anderen hochbeanspruchbaren Teilen. **Hartpapier** enthält an Stelle von Gewebe mehrere Lagen Papier und ist dadurch weniger feuchtigkeitsbeständig als Hartgewebe. Das Tränkhharz ist meist ebenfalls ein Phenol-Kresol-Harz. Man verwendet Hartpapier für Isolierzwecke in der Elektroindustrie, als Bohrschablonen u. a. Zur Verwendung für dekorative Zwecke wird als Decklage Dekorfolie aufgepreßt.

Schiebebühne, 1) eine Vorrichtung zum Umsetzen von Lokomotiven oder Eisenbahnwagen von einem Gleis auf ein parallel verlaufendes anderes Gleis. Die **versenkten S.** besteht aus einer Plattform mit einem Gleisstück, einem Bedienungsstand und einem Elektromotor zum Antrieb; sie kann in einem Grubeneinschnitt quer zu den unterbrochenen Fahrgleisen verschoben werden. Bei der nicht **versenkten S.** sind die Gleise

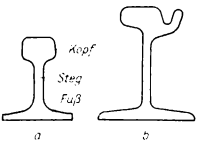
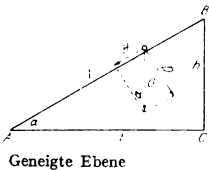


Versenkte Schiebebühne

Schieber



Absperschieber



Schienenprofil: a Einheitsform S 49, b Rillenschienen NP 4

durchgehend, und die S. wird über sie hinwegbewegt; die Auffahrt auf das Gleis der S. erfolgt durch aufzulegende Rampenschienen.

2) → Bühnentechnik.

Schieber, 1) ein Maschinenteil oder Absperrerelement für Rohrleitungen. Der S. ist eine zwischen gleichlaufenden Führungen verschiebbare Platte. Bei Rohrleitungen dient er zum Verschließen oder zur Regelung der hindurchströmenden Flüssigkeiten oder Gase.

2) → Bühnentechnik.

Schieblehre, **Meßschieber**, ein Längenmeßgerät. Es besteht aus einer Schiene mit in Millimeter geteiltem Strichmaßstab und zwei Meßschnäbeln, von denen der eine mit dem Maßstabträger (Schiene), der andere mit einem längs der Schiene beweglichen Schieber fest verbunden ist. Auf dem Schieber befindet sich meist ein Nonius, der es gestattet, die Stellung des Schiebers zum Strichmaßstab in Bruchteilen der Maßstabseinheit (meist $\frac{1}{10}$ mm) abzulesen (Abb. → Nonius). Infolge Kippens des beweglichen Schiebers treten beim Messen mit der S. meist erhebliche Fehler auf, deren zulässige Werte in TGL 9252 in Abhängigkeit von der Meßlänge festgelegt sind.

Schiebung, → Verdrehversuch.

schiefe Ebene, **exakte geneigte Ebene**, Ebene, die gegen die waagerechte Ebene um einen Winkel α geneigt ist. Zeichnerisch wird die s. E. dargestellt durch ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Hypotenuse $\overline{AB} = l$ die Länge, die Katheten $\overline{AC} = b$ die Basis und $\overline{BC} = h$ die Höhe der s. n. E. heißen. Der Winkel BAC ist der Neigungswinkel α . Das Verhältnis h/l , das gleich $\sin \alpha$ ist, wird Steigung der s. n. E. genannt. Befindet sich auf der s. n. E. ein Körper vom Gewicht G , der sich längs \overline{AB} ohne Reibung bewegen kann, so findet eine beschleunigte Abwärtsbewegung des Körpers statt. An sich wirkt auf den auf der s. n. E. befindlichen Körper nur sein Gewicht G in vertikaler Richtung. Nach dem Satz vom Kräfteparallelogramm kann die Kraft G in zwei Kräfte H und D zerlegt werden, von denen die erste parallel, die andere senkrecht zu l gerichtet ist. Der Hangabtrieb H ist die Kraft, die die Abwärtsbewegung des Körpers auf der s. n. E. verursacht; die Druckkraftkomponente D dagegen hat deshalb auf die entstehende Bewegung Einfluß, weil zwischen dem sich bewegenden Körper und der s. n. E. Reibung besteht. Es ist $H = G \cdot \sin \alpha$; $D = G \cdot \cos \alpha$. Die Beschleunigung a , die der Körper unter dem Einfluß des Hangabtriebes H auf der s. n. E. erleidet, ist $a = g \cdot \sin \alpha$; hierbei bedeutet g die Fallbeschleunigung. Damit folgen aus den Gesetzen des freien Falls die Gesetze der Abwärtsbewegung auf der s. n. E., wenn an Stelle von g in den Formeln der Wert $a = g \cdot \sin \alpha$ eingesetzt wird.

Die s. E. dient in der Technik wie im täglichen Leben sehr häufig zum Heben von Körpern. An Arbeit kann bei Verwendung der s. n. E. nichts gespart werden; sie verringert nur den Betrag der zur Aufwärtsbeförderung erforderlichen Kraft auf Kosten einer Verlängerung des Weges.

Schiefer, in dünnen, ebenen Platten brechendes Gestein. Im engeren Sinn versteht man unter S.

1) die **krystallinen S.**, eine Hauptgruppe der metamorphen Gesteine, ursprünglich Magma- oder Sedimentgesteine, die durch Belastungsdruck sowie durch den bei Gebirgsbildungen wirkenden Druck metamorphosiert (→ Metamorphose) und dabei geschiefert wurden. Der Vorgang der **Schiefung** besteht darin, daß die mineralischen Gemengteile des Gesteins sich unter der Wirkung des starken gerichteten Drucks einregeln (→ Gefüge). Diese Mineralregelung ermöglicht Gleitbewegungen von einzelnen Gleitbrettern in Richtung der größten Mineralachsen entlang den **Schiefungsflächen**. Die

Zerteilung der Gesteine in parallele Gleitbretter bewirkt gute Spaltbarkeit. Kristalline S. sind z. B. Phyllit, Glimmerschiefer, Gneis, Granulit.

2) die ebenfalls durch Gebirgsdruck geschieferten → **Tonschiefer**.

Im weiteren Sinn versteht man unter S. alle anderen Gesteine, die sich gut in ebene Platten spalten lassen, wobei die Spaltflächen meistens den Schichtflächen entsprechen und die Spaltbarkeit diagenetisch bedingt ist. **Schiefer** ist ein verfestigter Ton (aber nicht so verfestigt wie Tonschiefer), spaltbar nach untereinander parallelen Schichtebenen, hellgrau, durch Einlagerung kohlgiger Bestandteile dunkel bis schwarz, oder bunt wie die → Letten. Man unterscheidet ferner → **Ölschiefer**, **Mergelschiefer** (verfestigte, dünnsschichtige Mergel), → **Kupferschiefer**, **Lithographenschiefer**.

Schieferöl, ein bei der thermischen Zersetzung der organischen Bestandteile von bituminösem Schiefer gebildetes Öl. Es besteht hauptsächlich aus aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen sowie organischen Schwefel-, Stickstoff- und Sauerstoffverbindungen. Man gewinnt S. durch Schmelzung von Ölschiefer bei 450 bis 500 °C; die Aufarbeitung des Rohöls zu Vergaser- und Dieselskraftstoffen sowie zu Heizölen erfolgt nach den in der Erdölindustrie üblichen Verfahren.

Schiene, ein Mittel zur Führung eines Gegenstandes in einer bestimmten Richtung, z. B. bei Maschinen; im besonderen die Fahrachse als Laufbahn für Wagen (Eisenbahn, Straßenbahn).

1) Die **Eisenbahnschiene** aus Stahl besteht aus einem breiten **Fuß** als Standfläche, einem senkrechten **Steg** und einem abgerundeten **Kopf**. In der DDR und in Westdeutschland wird eine Vielzahl von Schienenformen angewendet. Als Einheitsform entwickelte die Deutsche Reichsbahn die S. 49 (1 m = 49,05 kp, Abb.). In der SU gilt als Standardform die S. R 50 (1 m = 50,504 kp); sie wurde nach 1945 z. T. auch bei der Deutschen Reichsbahn verwendet. Die Regellänge der S. beträgt 15 m oder 30 m (Regelschienen). Durch Schweißen werden S. von weit größerer Länge gewonnen (durchgehend geschweißte S.). Über den Einbau der S. → Gleis.

Zur Einhaltung der vorgeschriebenen Stoß- oder Wärmelücken bei Einbau der S. n wird die Schienenwärme mit dem **Schienthermometer** gemessen. Schienenkopfabnutzungen werden mit dem **Schienenkopfmesser** festgestellt, der die Form einer Schablone des Schienenquerschnittes hat und mit mehreren verstellbaren Meßkeilen zur Ermittlung der Höhen- und Seitenabnutzung versehen ist.

Leitschienen (**Schutz-, Fang-, Zwangsschienen**) sind Sicherheitsschienen, die bei Wegübergängen, auf Brücken, in Tunneln, in starken Krümmungen u. a. an der Innenseite der Schienenstränge eines Gleises angebracht werden zur Bildung einer Rille für die Zwangsführung des Spurkranzes. Die Leitschiene verleiht dem Schienenfahrzeug erhöhte Sicherheit gegen die Gefahr des Entgleisens.

2) Die **Straßenbahnschiene** ist mit einer Rille im Schienenkopf versehen (Rillenschienen). Die Rille ist in der Straßendecke für den ungehinderten Lauf des Spurkranzes erforderlich.

Lit. → Eisenbahn.

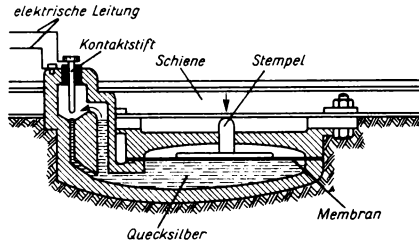
Schienenbahn, ein Verkehrsmittel, dessen Fahrzeuge durch Schienen zwangsgelöhrt und dadurch nicht gelenkt zu werden brauchen. Im Gegensatz zum Straßenverkehr können S. n auf schmalen Trassen hohe Verkehrsleistungen erbringen. Sie eignen sich vorzüglich zur Zugbildung und für eine weitgehende Automatisierung. Hauptvertreter der S. n sind die klassischen **Zweischienenbahnen** (→ Eisenbahn, → Metro, → Straßenbahn). Daneben gibt es zahl-

reiche nichtkonventionelle S.en, die vielfach unter dem Begriff **Einschienenbahnen** zusammengefaßt werden. Weiteres → **Sonderbahn**.

Schienenbus, → **Schienenomnibus**.

Schienenhängebahn, → **Hängebahn**.

Schienenkontakt, eine Vorrichtung zum Auslösen eines Schaltvorganges durch den fahrenden Zug (→ **Zugbeeinflussung**), z. B. das selbsttätige Einschalten einer Blinklichtanlage. Der S. wird unter der Schiene zwischen zwei Schwellen angebracht. Die Schienendurchbiegung unter der Last jeder Achse drückt das Quecksilber gegen den Kontaktstift. Dadurch kann ein Relais über Kontaktstift — Quecksilber — Gußgehäuse den S. anziehen. Bei modernen S.en wird der Achsdruck nicht durch Quecksilber, sondern durch Luft übertragen.



Quecksilberschienenkontakt

Schienenomnibus (Tafel 7), ein kleiner → **Triebwagen** (Personentriebwagen) mit Antrieb durch einen Verbrennungsmotor. Der **Schienen-Straßen-Omnibus** ist ein Fahrzeug zur Personenbeförderung, das sowohl auf Schienen als auch auf Straßen fahren kann. Für Straßenfahrt besitzt es luftbereifte Räder, die tiefer als die Spurräder für Schienenfahrt angeordnet sind und bei Schienenfahrt durch eine hydraulische Vorrichtung eingezogen werden.

Schießbaumwolle, starker Explosivstoff, chemisch hochnitrierte Zellulose mit einem Stickstoffgehalt von 12,5 bis 13,6%. Bei Berühren mit einem Funken oder einer Flamme brennt S. sehr schnell ab. S. mit 30% Wassergehalt ist gegen Stoß und Flammenzündung unempfindlich, läßt sich jedoch mit einer Sprengkapsel zur Detonation bringen; Detonationsgeschwindigkeit 6800 m s⁻¹ (gepreßt). Heute dient S. fast ausschließlich zur Herstellung rauchloser und rauchschwacher Pulver.

Schießbecher, → **Gewehr**.

Schießen, 1) das Abfeuern von Geschossen insbesondere durch Feuerwaffen. 2) svw. → **Sprengen**.

schießende Strömung, → **Strömungslehre**.

Schießpulver, früher übliche Bezeichnung für Treibmittel von Geschossen, besonders für Schwarzpulver und feinkörnige rauchschwache Pulver.

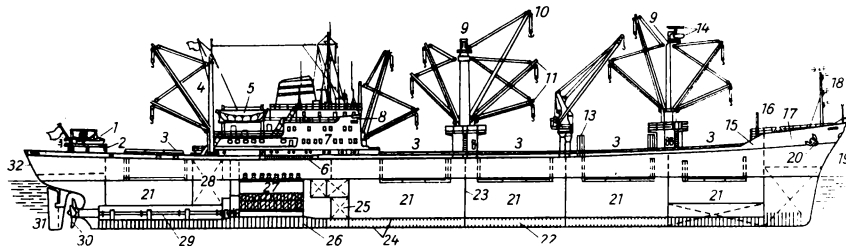
Schiff (Tafeln 12 und 13), im Unterschied zum Boot ein größeres Wasserfahrzeug. Ein S. schwimmt, wenn das Gewicht der von ihm verdrängten Wassermenge gleich seinem eigenen Gewicht ist (Archimedisches Prinzip).

Die S.e kann man einteilen in See-, Küsten- und Binnenschiffe. Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man 1) **Handelsschiffe**, eingeteilt in → **Frachtschiffe**, **Fahrgastschiffe**, **Fährschiffe** (→ **Fähre**); 2) **Fischereischiffe** (→ **Fischereifahrzeuge**); 3) **Arbeitschiffe** und **Sonderschiffe**, z. B. → **Schlepper**, **Schwimmbagger** (→ **Bagger**), → **Feuerschiffe**, → **Eisbrecher**, **Vermessungs- und Forschungsschiffe**, **Bergungsschiffe**; 4) → **Kriegsschiffe**.

Aufbau. Das Rückgrat des Schiffskörpers bildet der in der Mitte des Bodens verlaufende **Kiel**, eine Reihe besonders dicker Platten (Flachkiel) oder (seltener) aus dem Boden herausragender Flachstäbe (**Balkenkiel**). Er endet in **Vorsteven** und **Hintersteven**, schweren Stahlgußstücken oder Schweißkonstruktionen, die den Bug und das Heck abschließen. Quer zum Kiel sind wie Rippenansätze die **Bodenwrangen** angebracht; sie bilden zusammen mit Mittel- und gegebenenfalls Seitenlängsträgern bzw. Mittel- und Seitenkielschweinen (bei S.en ohne Doppelboden) die Aussteifung des Schiffsbodens. An die Bodenwrangen schließen sich die → **Spanten** an, d. s. Profilstähle, deren Form den Querschnitt des Schiffskörpers bestimmt. Mit der Bodenaussteifung und den Spanten sind Gänge (Reihen) von Stahlplatten verschweißt, die die **Außenhaut** bilden. Der Schiffskörper wird oben durch das → **Deck** (Haupt-, Oberdeck) abgeschlossen und meist noch durch Zwischendecks unterteilt; hohe Aufbauten weisen mehrere Aufbaudecks auf. Alle Decks bestehen ebenfalls aus Stahlplatten, Gängen und werden von Decksbalken, Decksunterzügen und oft auch Decksstützen getragen; es gibt aber auch stützenlose Räume. Bei Seeschiffen sind die Bodenwrangen und Längsträger z. T. wasser- bzw. öldicht und mit einem wasserdichten Innenboden bedeckt, wodurch ein **Doppelboden** entsteht und das Schiffsinnere vor direktem Wassereintrich bei Bodenlecks (z. B. bei Grundberührung) geschützt ist. Die durch die Bodenwrangen und Längsträger gebildeten Abteilungen dienen als Behälter für Frisch- und Ballastwasser sowie für Treib- und Heizöl.

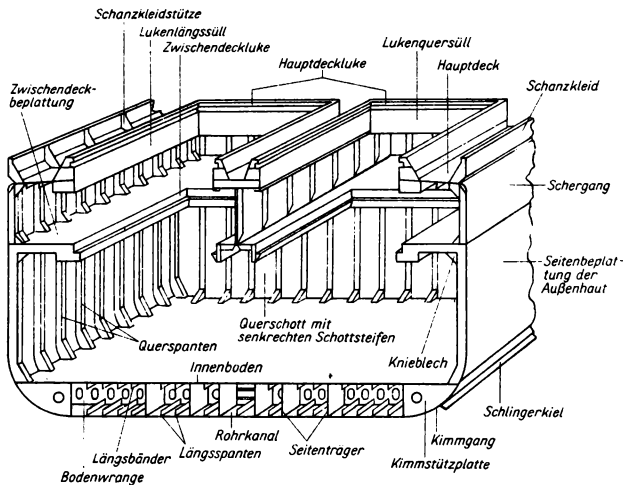
Quer verlaufende druckfeste Stahlwände, die → **Schotte**, unterteilen das S. auch über dem Doppelboden in eine Anzahl wasserdichter Abteilungen, die bei Fahrgast- und Sonderschiffen ihrerseits durch Wände in Räume unterteilt sind. Alle Türen in den Schotten können bei Gefahr mit Hilfe einer elektrischen oder elektrohydraulischen Schottenschließanlage von der Kommandobrücke aus gleichzeitig geschlossen werden.

Die Gestalt eines S.es wird außer durch seine Länge und Breite, die Form des → **Bugs** und



1 Längsschnitt durch ein teilautomatisiertes Frachtmotorschiff vom Typ X D des VEB Deutsche Seereederei. 1 Arbeitsboot, 2 Deckshaus, 3 Luken, 4 Lademast, 5 Rettungsboot unter Davits, 6 Fallreep (Gangway), 7 Brückenhaus, 8 Kommandobrücke, 9 Ladeposten, 10 Schwergut-Ladebaum, 11 Leichtgut-Ladebäume, 12 Bordkran, 13 hydraulisch betätigte Lukendeckel, 14 Radarantennen, 15 Schanzkleid, 16 Reling, 17 Back, 18 Laternenmast, 19 Vorsteven, 20 Anker, 21 Laderäume, 22 Rohrkanaal, 23 Schott, 24 Doppelboden, 25 Schweröltank, 26 Bodenwange, 27 Maschinenraum mit Hauptmaschine, 28 Südböltank, 29 Wellenleitung, 30 Propeller (Schiffsschraube), 31 Ruder, 32 Hintersteven

→ Hecks sowie durch seinen Querschnitt in den einzelnen Spantebenen vor allem durch Anzahl, Größe und Anordnung der Aufbauten bestimmt. Als **Aufbauten** bezeichnet man alle über dem Hauptdeck liegenden abgeschlossenen, besonders die von Bordwand zu Bordwand reichenden Schiffsräume im Unterschied zu **Deckshäusern**, neben denen noch freie Deckfläche ist. Die wichtigsten Aufbauten sind die **Back** auf dem Vorschiff, die **Brücke** im mittleren Schiffsteil und die **Poop** auf dem Hinterschiff.



2 Querschnitt durch den stützenlosen Laderaumbereich eines Seefrachtschiffes („offenes Schiff“ mit zwei Luken nebeneinander)

S.e mit Antriebsanlage im Hinterschiff haben ein **Brückenhaus**, d. h. ein Deckshaus mit der Kommandobrücke, Wohnräumen u. a., auf dem Hinterschiff; sehr lange S.e, vor allem Tanker, haben ein Brückenhaus auf etwa ein Drittel der Schiffslänge.

Die Fortbewegung des S.es geschieht, abgesehen von den → Segelschiffen, in den meisten Fällen durch einen oder mehrere am Heck angebrachte → Propeller, mitunter durch einen oder zwei → Voith-Schneider-Propeller und nur bei Binnenschiffen bisweilen noch mit dem → Schaufelrad (→ Radschiff), versuchsweise in einigen Fällen früher auch durch Flettner-Rotoren (→ Windrad).

Als Antriebsmaschinen dienen bei → Dampfern Kolbendampfmaschinen oder Dampfturbinen (Turbinenschiffe), bei → Motorschiffen Dieselmotoren. Bei **Elektroschiffen** werden die Propeller durch Elektromotoren bewegt, die ihrerseits von Turbinen- oder Dieselgeneratoren gespeist werden. Mitunter zählt man S.e mit turboelektrischem Antrieb auch zu den Dampfern, solche mit diesel-elektrischem Antrieb zu den Motorschiffen. Manche S.e, insbesondere Kriegsschiffe, haben auch Gasturbinen als Haupt- oder Zusatzantrieb (z. B. das Urlauberschiff „Fritz Heckert“). Einige S.e – der Eisbrecher „Lenin“ (UdSSR), das Fracht- und Fahrgastschiff „Savannah“ (USA), das Erzfrachtschiff „Otto Hahn“ (Westdeutschland), der Flugzeugträger „Enterprise“ (USA) sowie mehrere sowjetische, amerikanische und britische Kreuzer, Zerstörer und U-Boote – haben Kernenergieantrieb (→ Kernreaktor). Die Kraft der Antriebsmaschinen wird bei Schraubenschiffen durch eine dicke, stählerne **Wellenleitung** (bestehend aus Druckwelle, Zwischenwellen und Propeller- oder Schraubenwelle) auf den Propeller übertragen. Die Wellenleitung verläuft in einem **Wellentunnel**,

der begehbar ist. Bei Radschiffen wird das Drehmoment der Antriebsmaschine durch kurze Zwischenwellen oder unmittelbar von der Kurbelwelle auf die Radwellen übertragen. Außer der oder den Hauptmaschinen für den Antrieb des S.es sind zahlreiche **Hilfsmaschinen** (z. B. Elektrogenatoren, Pumpen, Lüfter, Verdichter, Kühlanlagen) vorhanden. Haupt- und Hilfsmaschinen werden von einem im Maschinenraum befindlichen oder einem vor ihm schalldämmend abgetrennten Maschinenleiststand aus gefahren oder von der Kommandobrücke aus fernbedient; es gibt auch schon zahlreiche S.e mit mehr oder weniger automatisierten Haupt- und Hilfsmaschinen.

Die von der Hauptmaschine erzeugte Leistung wird als indizierte Leistung N_i , die von ihr abgegebene kleinere als effektive Leistung N_e bezeichnet (beide in PS angegeben). Bei der Übertragung von N_e auf den Propeller geht ein weiterer Teil durch Reibung verloren; die verbleibende, am Wellenende wirksame und dem Propeller zugeführte Leistung heißt → Wellenleistung (in WPS angegeben). Der Leistungsbedarf wächst annähernd in der dritten Potenz der Geschwindigkeit, d. h., ein S. braucht zur Erzielung einer doppelten Geschwindigkeit eine achtmal stärkere Maschinenanlage und entsprechend mehr Brennstoff.

Das S. wird mit Hilfe des am Heck befindlichen → Ruders gelenkt, das meist durch eine Rudermaschine bewegt wird. Um ein S. verankern zu können, führt es mehrere → Anker, die an Ketten mittels eines Ankerspills ausgelassen und eingeholt werden. Das S. wird von der **Kommandobrücke** aus geführt. Diese ist möglichst hoch angeordnet und enthält im Steuer- oder Ruderhaus Steuerstand, Kompaß und Maschinentelegraphen zur Befehlsabgabe in den Maschinenraum, Radarsichtgerät, Decca-Navigator, Ruderlagenanzeiger, Schiffswellenumdrehungszeiger, Schalttafel für die Schottenschließanlage, Anzeigetafel der Rauchmeldeanlage u. a.

An das Ruderhaus schließt sich meist ein Kartenraum an, in dem sich die Seekarten zur Kursberechnung und -eintragung, das Anzeigergerät des Echolots für die Tiefenlotung, die Funkpeilanlage u. a. befinden. Auf Fischereischiffen sind auch die Geräte zur → Fischortung im Steuerhaus untergebracht. Bei manchen S.en sind Steuerhaus und Kartenraum nicht getrennt. Die Kommandobrücke umfaßt meist auch einen Funkraum mit Send- und Empfangsgeräten für den Funkverkehr der Schiffsführung und gegebenenfalls der Fahrgäste mit dem Land und mit anderen Schiffen sowie für die → Funkortung. Die Kommandobrücke wird oben durch das Peildeck abgeschlossen, auf dem der Peilkompaß steht. Kleine S.e, vor allem Binnenschiffe, haben nur ein Ruderhaus.

Fast alle Seeschiffe sind mit einem Kreiselkompaß (→ Kompaß) ausgerüstet, dessen Anzeige elektrisch auf Tochterkompassen an anderen Schiffsorten übertragen wird. Oft ist an den Kreiselkompaß auch eine **Selbststeueranlage** angeschlossen, die das S. automatisch auf einem vorher eingestellten Kurs hält (→ Kompaß).

Rettungseinrichtungen. Jedes Schiff muß entsprechend seiner Größe und Besatzungszahl mit → Rettungsbooten und/oder → Rettungsflößen sowie mit → Rettungsringen und → Schwimmwesten ausgerüstet sein.

Feuerschutz- und -löscheinrichtungen. Auf Seeschiffen werden bewohnte Decks außer durch wasserdichte Schotte auch durch **Feuerschotte** unterteilt, d. s. stählerne Querwände, die mit einem hitzebeständigen Stoff überzogen sind und ein Weitergreifen des Feuers eine bestimmte Zeit verhindern. Auf großen Seeschiffen sind die wichtigsten Räume an eine **Rauchmeldeanlage**

angeschlossen, die bei Frachtschiffen mit einer vom Steuerhaus aus zu betätigenden CO_2 -Feuerlöschanlage verbunden ist. Andere Ausführungen sind Wasser-, Dampf- und Schaumfeuerlöschanlagen, erstere z. T. in Form automatischer Berieselungsanlagen (Sprinkler-Anlage, → Feuerlöschanlagen).

Trockenfrachtschiffe und in kleinem Umfang auch Fahrgastschiffe, Fischerei- sowie Sonder-schiffe haben ein → Ladegeschirr zum Übernehmen und Löschen der Ladung, Tankschiffe leistungsfähige Pumpenanlagen. An weiteren wichtigen Einrichtungen sind an Bord von S.sen vorhanden: Lüftungs-, Heizungs-, Kühl- und Klimaanlage, Beleuchtungsanlage, optische und akustische Signaleinrichtungen, Anlagen zum Dämpfen des → Schlingerns u. a.

Die wichtigsten Abmessungen eines S.es sind: Länge über alles ($L_{\text{ü.a.}}$) zwischen den äußersten festen Punkten, Konstruktionslänge oder Länge zwischen den Loten (L , L_L oder $L_{\text{zw. L.}}$), wobei das vordere Lot (VL) durch den Schnittpunkt zwischen der Vorkante des Vorstevens und der Konstruktionswasserlinienebene (KWL), das hintere (HL) durch den Schnittpunkt zwischen der Hinterkante des Ruderstevens und der KWL oder durch den Ruderschaft verläuft. Die Breite wird über alles ($B_{\text{ü.a.}}$) oder an der breitesten Stelle des S.es auf Außenkante Spant ($B_{\text{a. gpt.}}$) gemessen. Weitere wichtige Maße sind → Tiefgang, → Freibord und Seitenhöhe.

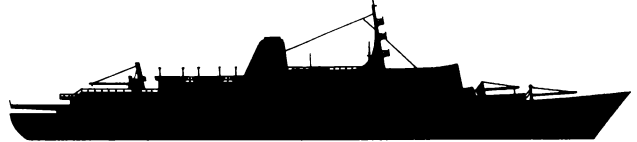
Die Größe von Fracht- und Fahrgastschiffen wird im allgemeinen nach dem Raumgehalt in Registertonnen angegeben, die Größe von Frachtschiffen oft auch nach der → Tragfähigkeit (in t oder tdw), diejenige von Kriegsschiffen meist nach dem Displacement in t oder ts (→ Wasserverdrängung). Die Geschwindigkeit von Seeschiffen mißt man in Knoten ($1 \text{ kn} = 1 \text{ sm/h} = 1,852 \text{ km/h}$), diejenige von Binnenschiffen in Kilometern je Stunde (km/h).

Lit. Baker: Vom Raddampfer zum Atomschiff (Bielefeld, Berlin 1966); Böer: Alles über ein S. (4. Aufl. Freiburg 1962); Bolling: Was ist das für ein S.? (2. Aufl. Leipzig 1964); Eichler: Vom Bug zum Heck (3. Aufl. Bielefeld 1954); Herner u. Rusch: Die Theorie des S.es (Leipzig 1952); Landström: Das S. (Gütersloh 1961); Leder: Schiffsmaschinenkunde, 5 Bde (2. Aufl. Leipzig, ab 1956); Meyers Taschenlexikon Schiffbau – Schifffahrt, (2. Aufl. Leipzig 1968); Schiffbautechnisches Handb., 6 Bde (2. Aufl. Berlin, ab 1961); Jahrb. der Schifffahrt (Berlin); Ztschr. Schiffbautechnik (Berlin), Seeverkehr (Berlin).

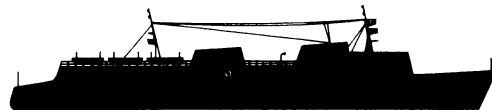
Schiffbau (Tafel 13). Er erfolgt nach entsprechenden Projekt- und Konstruktionsplänen auf einer → Werft. Als Werkstoffe verwendet man für den Schiffskörper Stahl, für Aufbauten, Schornsteinmäntel, leichte Zwischenwände, Masten, Treppen, Leitern u. ä. auch korrosionsbeständige Leichtmetalllegierungen, im Innenausbau außerdem schwer entflammbare Plastikwerkstoffe. Holz wird aus Gründen des Feuer-schutzes möglichst vermieden.

Der Bau eines Schiffes beginnt mit dem Kleinteil- und Gruppenbau, d. h., es werden mechanisch oder automatisch entzundert, angezeichnet (→ optisches Anzeichnen, → optisches Brennschneiden), aus- bzw. abgeschnittene, geformte und anderweitig bearbeitete Platten und Profile zu Einzelteilen und diese zu größeren Teilen (Baugruppen) zusammengefügt. Dies geschieht heute meist in einer Schiffbauhalle, ebenso der Zusammenbau von Einzelteilen und/oder Baugruppen zu Sektionen (Großbauteilen). Manche, vor allem große Sektionen (bis zu mehreren hundert Tonnen Masse) werden auf dem unmittelbar hinter der Helling liegenden Vormontageplatz zusammengebaut. Auf der → Helling oder (besonders bei großen Schiffen) in einem Baudock (→ Dock) werden dann nur noch die Sektionen zum Schiffskörper zusammen-

gefügt (*Sektionsbauweise*). Die modernste Schiffbautechnologie ist der Zusammenbau eines Schiffskörperabschnitts und sein Anbau an den bereits fertigen Teil im hinteren Ende eines in die Schiffbauhalle ragenden Baudocks; die Montage geschieht hier ständig unter Dach (z. B. Arendal-Werft, Schweden). Der fertige Rumpfabschnitt wird dann jeweils hydraulisch aus der Halle herausgeschoben. Ebenso wie Helling sind auch Baudocks mit Kranen großer Tragfähigkeit ausgerüstet (Baudocks heute mit



Seefahrgastschiff



Eisenbahn-Seefahrtschiff



Seetankschiff



Massengutfrachtschiff



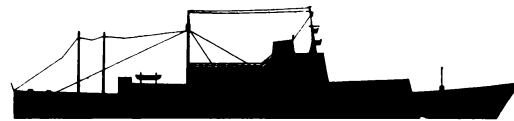
Stückgutfrachtschiff



Kustenmotorschiff



Fang- und Verarbeitungsschiff



Transport- und Verarbeitungsschiff



Kutter



Feuerschiff



Motorgüterschiff



Binnenfahrgastschiff



Stromschubboot



Hafenschlepper

3 Maßstäbliche Schattenrisse einiger wichtiger Schiffstypen

Schiffbauversuchs- anstalt

Portalkranen bis 600 Mp). Die meisten Stahl-schiffkörper werden heute vollgeschweißt, nur einige Nähte (z. B. an Kimm- und Schergängen) werden genietet; die Nietung wird außerdem z. T. noch bei Leichtmetallaufbauten angewendet. Ist der Schiffskörper fertiggestellt und schwimmfähig, so geschieht der → Stapellauf. Im allgemeinen danach werden die Haupt- und Hilfsmaschinen und Kessel eingebaut sowie die übrige *Ausrüstung und Einrichtung* durchgeführt, d. h., es werden Anker-, Ruder-, Lade-, Verholgeschirr u. a. einschließlich aller Decksmaschinen, Davits, Masten, alle Rohrleitungen, Lüftungs- und Kühlanlagen, Fischfangeinrichtungen, die gesamten elektrischen Anlagen, Befehls-, Signal-, Melde-, Funkanlagen u. a. eingebaut sowie alle Wohn-, Wirtschafts-, Lade-, Kühl-, Sanitäräume u. a. ausgebaut (z. B. verkleidet, → Wegerung) und eingerichtet.

Für die Fertigung von Schiffen eines Typs in großer Stückzahl (z. B. von Fischereischiffen auf der Volkswerft Stralsund) wendet man die Taktbauweise an. Dabei werden die Schiffe auf einer Art Taktstraße in und vor der Halle aus großen Sektionen in einem nach Tagen festgelegten Rhythmus zusammengebaut und dann in fast fertigem Zustand zu Wasser gelassen (→ Absenk- und Hebe-Anlage). Sonst ist im S. weitgehend die Fließfertigung üblich, bei der das Material die Werft vom Stahlager bis zur Helling oder zum Baudock möglichst im steten Fluß durchläuft. Zur Baubeschleunigung wendet man zunehmend die *Blockmontage* an, d. h. den Einbau bereits zusammengefaßter Aggregate, Anlagen oder Einrichtungen, z. B. zur Schmieröl-, Heizöl- oder Trinkwasseraufbereitung.

Vor der Ablieferung eines Schiffes werden noch eine *Standprobe* sowie eine *Probefahrt* und eine *Abnahmefahrt* durchgeführt. Die gesamte Fertigung geht unter der *Bauaufsicht* eines Klassifikationsinstitutes vor sich (in der DDR die *Deutsche Schiffs-Revision und -Klassifikation*, abg. DSRK), das dem Schiff abschließend eine *Klasse* erteilt (*Schiffsklassifikation*).

Lit. Barth: Festigkeitsberechnung im Stahl-S. (Leipzig 1957); Dehning: Fachkunde für Schiffbauer und Schiffzimmerer (2 Bde, Leipzig 1956/59); Dormidontow: Technologie des S.s (dtisch Leipzig 1954); Herner u. Rusch: Die Theorie des Schiffes (6. Aufl. Leipzig 1952); Herner u. Verhovsek: Entwurf und Einrichtung von Handelsschiffen (3. Aufl. Berlin 1968); Leder: Schiffsmaschinenkunde (5 Bde, 2. Aufl. Leipzig, ab 1957); Lettow: Schiffbauliche Rohrleitungen (Berlin 1956); Meußling: Der Schiffsinneausbau (Leipzig 1957); Polonski: Elektrische Antriebe auf Schiffen (dtisch Berlin 1958); Schaller u. Lösche: Werkkunde des Schiffbauers — Stahlschiffbau (2 Bde Hamburg 1960/61); Surwillo: Schiffdecksmaschinen (dtisch Berlin 1955); Ulrich u. Bunnenberg: Schiffsdieselmotoren (7. Aufl. Leipzig 1958); Fachkunde für Stahlschiffbau (Berlin 1967); Fachkunde für Schiffschlosser (Berlin 1958); Schiffbautechnisches Handb. (6 Bde, 2. Aufl. Berlin, 1961/68); Meyers Taschen-

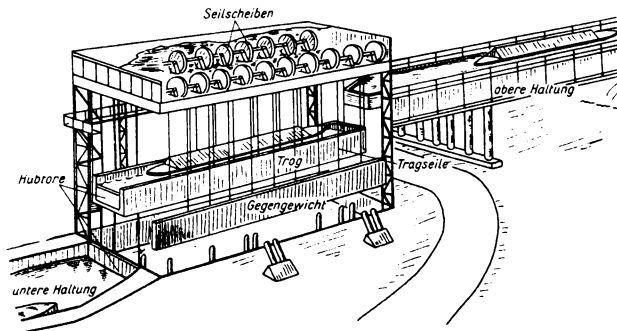
lexikon S. — Schifffahrt (2. Aufl. Leipzig 1968); Seemannschaft, Bd 3 (2. Aufl. Berlin 1968); Ztschr. Schiffbautechnik (Berlin).

Schiffbauversuchsanstalt, Schleppversuchsanstalt, ein Institut, in dem vor allem neu entwickelte Formen von Schiffskörpern (auch Propeller) auf ihre hydrodynamischen Eigenschaften hin geprüft werden. Dies geschieht, indem ein maßstabgetreues Modell in einem Schleppkanal von einem in seiner Längsrichtung darüber fahrenden, angetriebenen Wagen geschleppt wird. Dabei werden verschiedene Werte, z. B. der Schiffswiderstand, mit Hilfe von Geräten gemessen, die meist auf dem Schleppwagen (Meßwagen) angebracht sind. Ferner werden Manövriere- und Seegangversuche sowie Ermittlungen der erforderlichen Antriebsleistung (z. T. mit selbstfahrenden Modellen) durchgeführt. In der DDR befinden sich S.en in Marquardt bei Potsdam (mit der größten deutschen Schlepprinne von 280 m Länge) und in Rostock.

Schiffchen, → Nähmaschine.

Schiffshebewerk, eine Anlage in einer Wasserstraße zwischen zwei Haltungen von großem Spiegelunterschied mit mechanischen Vorrichtungen zum Verbringen der Schiffe aus einer Haltung in die andere durch senkrechtes Heben und Senken oder mittels schiefer Ebenen. Bei schiefer Ebenen wird das Schiff trocken (auf einem Wagen — Schiffseisenbahn) oder naß (in einem Trog) in Längs- oder Querrichtung bewegt. Die Neigung der Ebenen bei Längstransport beträgt bis 1:8, bei Quertransport bis 1:2. Die Hubgeschwindigkeit liegt bisher unter 10 cm/s. Schiefe Ebenen werden mit zwei gegenläufigen oder einem Wagen mit Massenausgleich betrieben. Senkrechte Hebewerke transportieren die Schiffe in einem wassergefüllten Trog, in den das Schiff einfährt und der von einer Haltung zur anderen gehoben oder gesenkt wird. Die Hubgeschwindigkeit beträgt bei geplanten Anlagen maximal 35 cm/s. Beim **Gegengewichtshebewerk** (z. B. S. Niederfinow, Inbetriebnahme 1934, 1250-t-Schiffe) wird der Gewichtunterschied bei Trogfahrt durch Gegengewichte an Gliederketten ausgeglichen. Beim **Schwimmerhebewerk** (z. B. S. Henrichenburg, Inbetriebnahme 1962, 1350-t-Schiffe) ruht der Trog auf lotrechten, mit Schwimmylindern verbundenen Stützen, die sich in wassergefüllten Schächten bewegen. Das **hydraulische Hebewerk** hat zwei Tröge und arbeitet nach dem Prinzip der hydrostatischen Waage (z. B. Anderton, England, erbaut 1875). Der Vorteil der S.e liegt im geringen Wasserverbrauch (Verlust nur durch Undichtigkeiten) und im geringen Zeitbedarf für Heben und Senken. Bei Hubhöhen von mehr als 15 m sind S.e wirtschaftlicher als → Schiffsschleusen. Das S. mit dem größten Hub (37,2 m) und zugleich das größte Gegengewichtshebewerk der Erde ist z. Z. das S. Niederfinow (Oder-Havel-Kanal, Abb.).

Schiffsschleuse, eine Anlage, die zwei Wasserflächen von verschiedener Spiegelhöhe verbindet und Schiffen die Überwindung des Höhenunterschieds ermöglicht. Am häufigsten ist die **Kammerschleuse** (Abb. S. 913). Sie besteht aus einer Kammer, die durch das *Oberhaupt* gegen das Oberwasser und durch das *Unterhaupt* gegen das Unterwasser abgegrenzt wird. Schleusenhäupter und Kammerwände bestehen aus Beton oder Spundwänden, auch noch aus Mauerwerk. In den Häuptern liegen die Tore (Stemm-, Klapp-, Dreh-, Hub-, Senk-, Schiebe-, bei Seeschleusen auch Schwimm- und Einrichtungen zum Füllen und Leeren der Schleusen (kanalartige Umläufe in den Wänden oder der Sohle der Schleuse oder Verschlüsse in den Toren). Ein von Oberwasser kommendes Schiff fährt in die Schleuse ein, das Obertor wird geschlossen, der Schleusenwasserspiegel auf die Höhe des Unterwassers abgesenkt,



Schiffshebewerk als Gegengewichtshebewerk (Niederfinow)

das Untertor geöffnet, das Schiff verläßt die Schleuse (Talfahrt). Die Bergfahrt erfolgt in umgekehrter Weise. Der Wasserverbrauch der Schleusen ist in Abhängigkeit von ihrer Größe sehr erheblich. Er kann durch seitliche Sparbecken (*Sparschleuse*) vermindert werden, da diese beim Entleeren der Kammer einen Teil des Wassers auffangen und beim Füllen wieder in die Schleuse abgeben. **Seeschleusen** sind Schleusen am Meer, die auf der Meerseite aus Sicherheitsgründen oft zwei Tore (Sturmtor, Fluttor) haben. Die Steiggeschwindigkeit der Wassers in Schleusen beträgt 1 bis 2 m/s. Die gegenwärtig größte Hubhöhe (Ice Harbour, USA) beträgt 32 m. **Schleppzugschleusen** sind besonders lange S.n., die einen Schleppzug in ganzer Länge aufnehmen können. **Non-stop-Schleusen** gestatten eine Durchfahrt ohne Halt. Nach Einfahrt wird das Obertor geschlossen, während der Durchfahrt die S. entleert und das Untertor geöffnet. **Schleusentreppen** dienen zur Überwindung größerer Höhenunterschiede und bestehen aus mehreren hintereinanderliegenden Schleusen. **Dockschleusen** haben nur ein Haupt, das den Hafenwasserstand gegen die Ebbe hält.

Schiffsschraube, → Propeller 2).

Schiffswiderstand, der Widerstand, der zur Fortbewegung eines Schiffes überwunden werden muß. Der S. setzt sich zusammen aus 1) dem **Reibungswiderstand** oder **Oberflächenwiderstand**, der von der Größe und Rauigkeit der Oberfläche des Unterwasserteils des Schiffes abhängt, 2) dem **Druckwiderstand** oder **Wirbelwiderstand**, hervorgerufen durch die Wirbelbildung am Hinterschiff, und 3) dem **Wellenwiderstand**, der in Bug- und Heckwelle in Erscheinung tritt; Druck- und Wellenwiderstand ergeben den **Formwiderstand**. Hinzu kommen 4) der **Luftwiderstand** des Überwasserteils des Schiffes und 5) der Sog, der durch die Unterdruckbildung vor dem Propeller entsteht.

Schikane, ein in Tosbecken von Talsperren, Wasserkraftwerken und Wehren eingebauter Betonkörper. Er dient der Energieumwandlung von herabstürzendem oder ausströmendem Wasser, um Auskolkungen im Unterwasser zu vermeiden.

Schindel, ein gespaltenes oder auch gerissenes Brettchen zur Dacheindeckung oder Wandverkleidung, besonders auf den Wetterseiten.

Schinder, ein → Schaber.

Schirmbildaufnahme, → Röntgendiagnostik.

Schirmgenerator, ein Synchrongenerator mit vertikaler Welle, → elektrische Maschine.

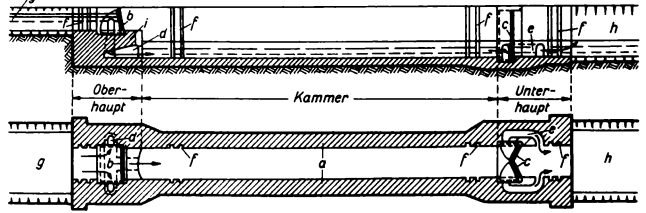
Schirmgitter, → Elektronenröhre.

Schlachtsschiff, → Kriegsschiffe.

Schlacke, das schmelzflüssige Abfallprodukt bei Verhüttungs-, Heiz-, Glüh- und Schweißprozessen. Die **Hochofenschlacke** bzw. **Niederschachtofenschlacke** entsteht bei der Roheisenerzeugung aus der Gangart der Einsatzstoffe (Erze, eisenhaltige Industrierückstände, Zuschläge, Koks). Die Hauptbestandteile sind Kalziumoxid CaO, Siliziumdioxid SiO₂, Aluminiumoxid Al₂O₃ und Magnesiumoxid MgO. **Siemens-Martin-Schlacke** fällt bei der Stahlerzeugung im Siemens-Martin-Ofen an. **Thomasschlacke** erhält man bei der Stahlerzeugung im Thomaskonverter, sie ist mit Phosphor angereichert. **Kupferschlacke** entsteht bei der Gewinnung von Kupfer aus Kupferschiefer. Die genannten S.n. werden auch als **Hüttenschlacken** bezeichnet. S.n. aus **Feuerungen** (**Kohlenschlacken**) sind z. B. Kesselschlacken, Generatorschlacken usw. **Schweißschlacken** fallen beim Glühen von Stahlblöcken u. dgl. an. Wegen ihres hohen Eisengehaltes werden sie im Hochofen eingesetzt.

Schlackenverwertung. Man ist bemüht, möglichst alle S.n. einer nutzbringenden Verwendung zuzuführen. Dadurch verbessert man die Ökonomie des Prozesses, bei dem sie anfallen.

Die S.n. werden vor allem in der Bauindustrie, als Düngemittel oder als Einsatzstoff in der Hüttenindustrie verwendet. So dienen mit Wasserüberschuß granulierten Hoch- bzw. Niederschachtofenschlacken bei geeigneter Zusammensetzung (hydraulische Eigenschaften) als **Schlackensand** zur Zementherstellung. Aus Schlackensand und Zement werden durch Pressen in Formen und Erhärten **Hüttensteine** hergestellt; außerdem wird Schlackensand als Füllstoff oder Mörtel-



Schema einer Kammerschleuse: oben Längsschnitt, unten Grundriß. a Kammerwand, b Obertor (Klapptor), c Untertor (Stemmtor), d oberer Umlauf, e unterer Umlauf, f Dammbohlenfuge zum Trockenlegen einzelner Schleusenabschnitte, g obere Haltung, h untere Haltung, i Drempe

zuschlag verwendet. **Hüttenbims** ist mit wenig Wasser geblähte S. Sie wird gebrochen und in verschiedenen Fraktionen als Leichtzuschlagstoff in der Betonindustrie (z. B. für Großblocksteine, Betonfertigteile) eingesetzt. **Hüttenkalk** ist feinvermahlene kalkreiche Schlacke, die als Düngemittel verwendet wird. Durch Verblasen von flüssiger S. oder nach einem Schleuderverfahren werden → Schlackenfasern gewonnen, die besonders zur Dämmung dienen. **Stückschlacke** (gebrochene S.) wird als Splitt, Schotter oder Packlage im Straßenbau verwendet. Aus der phosphorreichen Thomasschlacke wird durch Aufmahlen ein wertvolles Düngemittel, das Thomasmehl, hergestellt. Kupferschlacke wird zur Herstellung von Schlackenbaustoffen (→ Schlackensteine, Schotter, Verschleißschutzteile) verwendet.

Bei entsprechenden Gehalten an bestimmten Elementen oder Verbindungen gelangen S.n. zum Wiedereinsatz in metallurgischen Prozessen. **Schlackenfasern**, mitunter auch als **Mineralwolle** bezeichnet, aus Hüttenschlacken gewonnene Chemiefaserstoffe. Als Ausgangsprodukte sind kieselsäurereiche, möglichst schwefel- und eisenarme, bei der Roheisengewinnung anfallende Schlacke sowie Kupferschlacke geeignet. Wegen ihres geringen Wärmeleitvermögens und ihrer hohen Temperatur-, Feuchtigkeits- und Chemikalienbeständigkeit verwendet man die S. lose gestopft oder in Form von Matten und Formstücken zur Wärme- und Kälteisolation im Bauwesen, Maschinen- und Apparatebau, ferner als Ersatz für Asbeste zur Herstellung von Platten und als Isolierstoff für elektrische Apparaturen.

Schlackensteine, 1) Pflastersteine, die aus der bei der Kupfergewinnung anfallenden Schlacke hergestellt sind (z. B. Mansfelder Kupferschlackensteine). Die feurig-flüssige Schlacke wird in Formen gegossen und erkaltet langsam. Damit die Kopffläche der Pflastersteine nicht zu glatt ist, schmilzt man beim Gießen in die Kopffläche Splittkörner ein. Unter der Einwirkung des Straßenverkehrs fallen sie wieder aus, und es ergibt sich eine raue Oberfläche. S. sind sehr maßhaltig und verschleißfest.

2) unter Verwendung von Schlacke hergestellte Mauersteine, meist → Hohlblocksteine.

Schlägel, sw. → Fäustel.

schlagende Wetter, → Wetter 2).

Schlägermühle, Schleudermühle, eine Maschine zum Feinzerkleinern von mittelharten bis wei-

Schlagmaschine

chen Stoffen, z. B. Salz Gips, Ton, sowie von faserigen Stoffen, z. B. Zellulose. Zur Gruppe der S.n gehören unter anderem Hammernmühlen (→ Hammerbrecher), Schlagstiftmühlen, Schlagnasenmühlen und Schlagkorbmühlen. Die Zerkleinerung erfolgt mittels sehr schnell bewegter Hämmer, Stifte, Nasen u. dgl. Das Gut wird vorwiegend durch Schlagbeanspruchung zerkleinert, danach passiert es meist ein Austrittsieb.

Schlagmaschine, 1) in der Baumwollspinnerei eine Maschine zum Auflockern, Reinigen und Verdichten von in Öffnern vorgeöffneten Faserflocken. Die von einer Speiseregulierung zugeführte Baumwolle wird vom Schläger, einer Welle mit Schlagorganen (z. B. Dreischienenschläger), in Flocken an der Speisewalze abgeschlagen und an zwei unter Sog stehenden Siebtrommeln zu einer gleichmäßig dicken Faserschicht geformt. Diese wird zwischen stark belasteten Kalanderswalzen verdichtet und dann zu einem Wickel aufgerollt. Die Wickelwatte, das Vlies von der S., wird der Kreppe vorgelegt.

2) svw. Seilschlagmaschine, → Seilerei.

Schlagprallbrecher, eine Maschine zum Grobzerkleinern von mittelharten Stoffen, z. B. Kalk, Salz. Auf einem schnell umlaufenden Rotor sind Schlagleisten angebracht, die das Brechgut schlagen und es gegen im Brechraum angeordnete Prallstangen und Prallplatten sowie gegeneinander schleudern. Das Zerkleinern erfolgt vorwiegend durch Schlag und Prall, der Zerkleinerungsgrad ist groß.

Dem S. ähnelt die **Schlagprallmühle**. Sie arbeitet mit höheren Umfangsgeschwindigkeiten und dient zum Feinzerkleinern.

Schlämmen, Abschlämmen, das Abtrennen feinsten Feststoffpartikeln aus einem körnigen Gut durch Absetzen der schwereren Bestandteile in einem flüssigen Medium. Dabei kann das Wertprodukt je nach Stoffart das Entschlammte oder das Abgeschlammte sein. Der Schlammprozeß beruht auf der für verschiedene Korngrößen eines Stoffes unterschiedlichen Sedimentationszeit. Sind im körnigen Produkt mehrere Feststoffe unterschiedlicher Dichte vorhanden, so überlagert sich diesem Klassierprozeß ein Sortiervorgang. Das S. wird in Eindickern, Hydroseparatoren, Rechenklassierern und anderen Schlammapparaten vorgenommen.

Schlammkreide, → Kreidekalk.

Schlankheitsgrad, Zeichen λ , bei auf Druck beanspruchten schlanken Bauteilen (Stützen, Stiele, Stäbe) das Verhältnis der Knicklänge s_K (→ Knickkraft) zum Trägheitshalbmesser i , der abhängig ist von Fläche und Form des Querschnitts: $\lambda = \frac{s_K}{i}$. Der S. ist von Bedeutung für die Knickfestigkeit dieser Bauteile.

Schlauchloser Reifen, → Luftbereifung.

Schlechtwetterlandung, früher auch als **Blindlandung** bezeichnet, die Landung von Luftfahrzeugen bei ungenügender Bodensicht unter Verwendung funkttechnischer Navigationshilfen, → Anflug- und Landesysteme. Eine tatsächliche Blindlandung ohne jede Bodensicht ist nur mit automatischen Landesystemen möglich (→ An-

flug- und Landesysteme). Die letzte Phase des Anfluges zur Landung wird in der zivilen Luftfahrt z. Z. noch nach Bodensicht durchgeführt, die je nach Art und Qualität der Navigationshilfen des betreffenden Flughafens über der Landebahn mindestens ab 60 m, in einigen Fällen ab 30 m vorhanden sein muß.

Schleifband, → Bandschleifen.

Schleifen, ein spanendes Fertigungsverfahren, bei dem mit einem rotierenden vielschneidigen Werkzeug aus gebundenem Korn mit hoher Schnittgeschwindigkeit Werkstückflächen oder Werkzeuge geschärft werden.

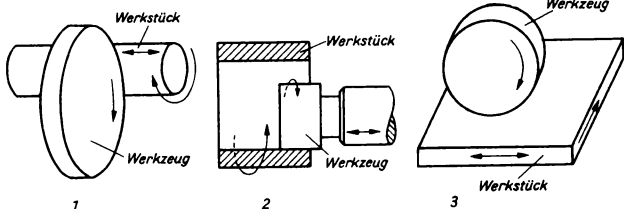
1) In der Metallbearbeitung unterscheidet man nach Form und Lage der Werkstückflächen und der Schneidstellen am Werkzeug sowie nach den Bewegungsmöglichkeiten der Schleifmaschine **Umfangs- und Stirnschleifen**, **Außen- und Innenrundscheifen**, **Längs- und Einstechschleifen**, **Flachscheifen**, **Formschleifen** im Einstechverfahren und **Nachformschleifen**. Allgemein führt das Schleifwerkzeug die Schnittbewegung und das Werkstück die Vorschubbewegung aus. Als Schleifwerkzeuge werden **Schleifkörper** (Korund, Siliziumkarbid, Borkarbid, Diamanten) verwendet. Nach TGL 8479 werden diese eingeteilt in rotierende Schleifkörper, maschinenbewegte Schleifkörper (z. B. Schleifsegmente), handbewegte Schleifkörper (z. B. Schleiffeile, Abzieh- und Schleifsteine), hand- und maschinenbewegte Abrichtwerkzeuge und Regelkörper für spitzenlose Außenrundscheifmaschinen (Schleifmittelkörnung nach TGL 10755). Die Schleifkörner werden durch Bindemittel zusammengehalten. Jeder umlaufende Schleifkörper ist auszuwuchten.

Bei Schleifmaschinen unterscheidet man Rundscheifmaschinen zum S. zylindrischer Werkstücke und Flachscheifmaschinen zum S. von ebenen bzw. offenen Flächen (Abb.). Bei **Außenrundscheifmaschinen** wird die Schleifscheibe hydraulisch an das sich drehende Werkstück an- und zugestellt. Das Werkstück selbst wird durch eine Vorschubbewegung an der Schleifscheibe vorbeibewegt. Das Werkstück ist während des Schleifvorganges wie auf der Drehmaschine zwischen den Spitzen eines Reit- und Spindelstockes oder in ein Futter gespannt. Bei der **spitzenlosen Rundscheifmaschine** wird das Werkstück nicht eingespannt, sondern liegt auf einem Auflageinial zwischen Schleif- und Regelscheibe. Diese bewegt sich gleichläufig zur Schleifscheibe, überträgt ihre Drehbewegung auf das Werkstück und bewirkt, indem sie schräg gestellt wird, dessen Axialvorschub. Dieser Schleifmaschinentyp ist besonders für die Massenfertigung einfacher Teile geeignet. Das S. von Bohrungen und anderen runden Innenflächen geschieht auf der **Innenrundscheifmaschine** (Tafel 29), wobei der Schleifkörper im Inneren der Bohrung vorgeschoben wird. Das Werkstück wird entweder einseitig eingespannt und gegenläufig gedreht, oder es steht fest. Das letztgenannte Verfahren wird besonders bei großen Teilen angewendet, wobei dem Schleifkörper von einer Planetenspindel außer seiner Schnittbewegung auch eine kreisende Vorschubbewegung gegeben wird.

Bei der **Flachscheifmaschine** wird das Werkstück auf einen Rund- oder Langtisch aufgespannt oder durch Elektromagneten festgehalten und unter der schnell laufenden Schleifscheibe hindurchbewegt. Je nachdem, ob diese mit der Stirn oder mit dem Umfang schleift, spricht man von **Umfangs- oder Stirnscheifen** und entsprechend der Schleifspindellage an der Maschine von **Waagrecht- oder Senkrechtflachscheifmaschinen**.

Es gibt auch **Nachformschleifmaschinen** (→ Nachformen) und **Schleifautomaten** (→ Automat).

Als **Trennschleifen** bezeichnet man das Trennen von Werkstücken mit Hilfe einer dünnen, schnell rotierenden Schleifscheibe.



Schleifverfahren: 1 Außenrundscheifen: Längsscheifen; 2 Innenrundscheifen; 3 Flachscheifen: Umfangsscheifen

Vielfach ist es beim S. erforderlich, das Werkstück zu kühlen. Ein speziell für das S. entwickeltes Kühlverfahren ist die → Zweistoff-Zweiweg-Kühlung. Manche Schleifmaschinen sind auch mit einer Vorrichtung zum Absaugen der Schleifspäne ausgestattet.

Lit. Masslow: Grundlage der Theorie des Metallschleifens (dtisch Berlin 1953); Rabe u. Lerche: S. — Feilen — Sägen (6. Aufl. Leipzig 1952); Sloimski: Theorie und Praxis des spitzenlosen S.s (dtisch 2. Aufl. Berlin 1956); Einführung in die Schleiftechnik (Leipzig 1957); Dreher-Fachkunde (14. Aufl. Berlin 1966); Schleif-technischer Ratgeber (2. Aufl. Berlin 1965).

2) Holzbearbeitung: → Holzschleifmaschine, → Holzschliff.

3) Glasveredlung: Durch **Feinschleifen** werden Dekors in die Glasoberfläche geritzt. Das Glas wird dabei gegen den Umfang einer rotierenden stehenden Schleifscheibe gedrückt. Ganze Flächen werden glatt geschliffen, indem das Glas auf einer liegenden Schleifscheibe angedrückt wird (**Flächenschliff**). Ebenso werden die Flächen von Edelsteinen behandelt.

Schleiflackierverfahren, ein Oberflächenveredlungsverfahren der Holzindustrie, bei dem die Holzoberfläche mit mehreren farbigen, undurchsichtigen und mattglänzenden Schleiflack-schichten, von denen auch die letzte geschliffen wird, überzogen wird. Der letzte Schliff erfolgt im Naßverfahren mit Körnung F 28 oder Bims-mehl 000. Die Oberfläche ist wasserfest. Das S. wird bei der Herstellung von Flurgarderoben, Küchen-, Schlafzimmernmöbeln u. a. angewendet.

Schleifring, bei → elektrischen Maschinen ein Verbindungselement zwischen den rotierenden Spulen und ihren ruhenden Zuleitungen. Die S.e sind auf der Läuferwelle und gegeneinander isoliert befestigte Ringe aus Kupfer, Bronze oder Stahl. Auf den S.en schleifen Bürsten, die mit den äußeren Zuleitungen verbunden sind.

Schleifringläufermotor, eine → elektrische Maschine.

Schlempe, Rückstand einer Gärflüssigkeit von Kohlenhydraten, der nach Abdestillieren des AL-ohls zurückbleibt, z. B. Melasseschlempe (→ Melasse). S. ist reich an Eiweißstoffen, Fetten und Mineralstoffen und bildet daher ein ausgezeichnetes Futtermittel.

Schlepper, 1) ein kleines Schiff mit starker Maschinenanlage (heute fast stets Motorschiff) zum Schleppen von einzelnen oder zu **Schleppzügen** zusammengestellten Lastkähnen (**Binnenschlepper**), von Seeschiffen in Häfen (**Hafenschlepper**) und Werften (**Werftschlepper**) sowie von Leichtern, Docks, Bohrinseln und anderen Fahrzeugen ohne Eigenantrieb, von havarierten oder noch nicht ausgerüsteten Schiffen über See (**Seeschlepper**). Manche S. sind auch als Eisbrecher und zur Bergung beschädigter Schiffe geeignet (**Bergungsschlepper**).

2) svw. → Traktor.

Schleppkettenförderer, ein Fördermittel zum stetigen waagerechten oder geneigten Transport von Stückgut. Der S. gehört zu den → Kettenförderern. Als Tragorgan dienen flache oder muldenförmige Gleit- oder Rollenbahnen, für waagerechten Umlauf auch Rollwagen. Unter dem Tragorgan verläuft als Zugorgan eine Ein- oder Zweistrangkette mit Mitnehmern, die durch die Bahn hindurchgreifen und das Gut mit-„schleppen“. (Abb.)

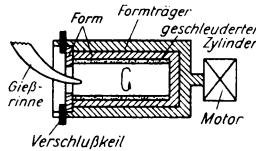
Schleppnetz, ein → Fischfanggerät.

Schleppschaufel, 1) → Entmüstungsanlagen.

2) → Bagger.

Schleuderbandförderer, ein kurzer → Gurtbandförderer, der mit hoher Geschwindigkeit umläuft und das Fördergut an der Antriebs-trommel nach vorn so abwirft, daß es weggeschleudert wird. Man verwendet S. auf Lagerplätzen und in Schiffen zur Verteilung von Schüttgütern sowie unter Tage zum Versatz.

Schleuderguß, ein Verfahren zum → Gießen von Metall und Beton. In der Metallurgie dient der S. als eine Art des → Formgusses zur Herstellung von Rohren, Buchsen, Bremsstromeln und Ventilsitzringen sowie zum Ausgießen von Lager-schalen. Das flüssige Metall wird in eine horizontal gelagerte, um die Längsachse rotierende, meist wassergekühlte Gießform (meist eine Stahl-trommel) gegossen und infolge der Fliehkraft an die Trommelwand geschleudert, wo es erstarrt. Schleudergußteile, die also ohne Kern entstehen, sind frei von Gasblasen sowie Lunkern und haben dichtes Gefüge.



Schleuderguß

Auch Betonrohre stellt man nach einem 1910 von den australischen Brüdern Hume entwickelten Verfahren durch S. her. Dabei werden mehrere aus zwei Halbschalen zusammengeschaubte Formen auf einer Schleuderbank gleichzeitig in Umdrehung versetzt (9 bis 20 m/s.) Weicher Beton wird von Hand oder mit einer Besik-kungsmaschine eingebracht. Das Schleudern dauert etwa 1 Stunde. Dann werden die Rohre in der Form etwa 8 Stunden mit Naßdampf behandelt und danach entschalt.

Lit. Halt: Das Leichtmetall-Schleudergießverfahren (Berlin 1953).

Schleudermühle, svw. → Schlägermühle.

Schleuderradroder, eine Kartoffelerntemaschine, die Kartoffeln rodet und seitlich breitwürfig ablegt. Moderne S. werden an die Dreipunktaufhängung des Traktors angebaut und von der Zapfwelle des Traktors mittels Gelenkwelle angetrieben. Das Schleuderrad besteht aus mehreren radial angebrachten, federnden Zinkenpaaren. Es dreht sich um eine waagerechte Achse und schleudert quer zur Fahrtrichtung. Dabei wirft es mit den Zinken den von einem am S. befindlichen Schar abgeschnittenen und angehobenen Damm mitsamt den Kartoffelknollen seitlich fort. Ein Fangsieb begrenzt die Wurftweite der Kartoffeln, während die Erde durch die Roststäbe des Fangsiebes fällt. Durch ein verstellbares Stützrad wird die Rodetiefe eingestellt.

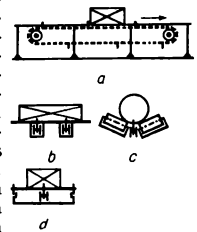
Schleudersitz, Katapultsitz, ein Rettungsgerät, mit dem sich Piloten von Hochgeschwindigkeitsflugzeugen in Havariefällen herauskatapultieren können.

S.e sind in Militär-, Forschungs- und Erprobungsflugzeugen eingebaut. Zur Betätigung der Katapultvorrichtung zieht der Pilot an einem Abzugsgriff, wodurch ein Treibsatz zündet. Dadurch wird das Kabinendach abgeworfen und der S. mit dem Piloten aus der Kabine katapultiert. Verschiedentlich werden S.e mit dem Piloten und das Kabinendach gemeinsam katapultiert. Durch zeit- und luftdruckabhängig arbeitende Geräte wird zunächst ein Stabilisierungsfallschirm geöffnet, danach öffnet sich selbsttätig der Anschnallgurt, wodurch Pilot und S. voneinander getrennt werden. Nach ausreichender Verzögerung der Fallgeschwindigkeit des Piloten wird der Rettungsfallschirm geöffnet. Neuerdings sind S.e im Einsatz, die den Piloten auch in Bodennähe oder unter Wasser aus dem Flugzeug katapultieren können. In beiden Fällen landet der Pilot mit einem Rettungsfallschirm.

Schleuderverfahren, → Isotopentrennung.

Schleuse, 1) → Schiffsschleuse. 2) → Luftschleuse.

Schlichten, 1) Weberei: das Behandeln der Kettfäden mit Stärke, Zellulose, Polyvinylalkohol, Akrylsäure, Leinöl u. a. Schlichtemitteln, um die



a Schleppkettenförderer im Längsschnitt; b bis d Schleppkettenförderer im Querschnitt: b mit flacher Gleitbahn, c mit muldenförmiger Gleitbahn, d mit Rollwagen

Fasern miteinander zu verkleben und abstehende Fasern an den Fadenkern anzukleben, damit die Fäden den mechanischen Beanspruchungen beim Weben besser widerstehen. Die Fäden werden meist in der Kette auf Schlichtmaschinen mit anschließendem Trockner geschlichtet. Die Schlichtmittel werden vor der weiteren Bearbeitung wieder aus dem Gewebe entfernt, wasserunlösliche durch **Entschlichten** (z. B. Stärke durch enzymatischen Abbau), wasserlösliche durch Waschen. Nur in besonderen Fällen (Bunt-schlichten) verbleiben die Schlichtmittel auf dem Stoff und bewirken einen Appretureffekt.

2) **Fertigungstechnik**: ein Begriff in der spanenden Formung für die Erzeugung der Oberflächen-güte eines Werkstückes als Endbearbeitung oder Vorbearbeitung für die Feinbearbeitung. Das S. wird z. B. beim Drehen mit Schlichtmeißeln durchgeführt. Allgemein verlangt das S. die Anwendung geringer Vorschübe und Schnitttiefen sowie hoher Schnittgeschwindigkeit. Bei Breitschichtmeißeln, wie sie beim Drehen, Hobeln und Fräsen Verwendung finden, ist der Einstellwinkel der Nebenschneide 0° . Die Breite der Nebenschneide ist größer als der Vorschub je Werkstückumdrehung oder Werkstückhub.

Schlicker, bei der Herstellung von Keramik eine wäßrige Aufschlämmung feinstkörniger mineralischer Grundstoffe oder ihrer Gemische von milchiger bis breiiger Konsistenz. Man unterscheidet z. B. Glasur-, Gieß- und Garnierschlicker. Durch Zusatz von wenig Soda, Wasserglas, Humusextrakten u. a. gelingt es, Gießschlicker mit nur etwa 30 % Wasser und weniger herzustellen.

Schlieren, unregelmäßig verteilte Stellen größerer und geringerer Dichte eines durchsichtigen Mediums, die sich auch zeitlich im Wechsel befinden können, z. B. beim Aufsteigen von warmer Luft in kalter, beim Mischen von Salzlösungen mit reinem Wasser u. a. S. können auch einfrieren, z. B. in Gläsern. Bei Gläsern für optische Instrumente müssen S. nach Möglichkeit vermieden werden, da dann die Brechzahl uneinheitlich ist und infolgedessen keine scharfe Abbildung stattfinden kann.

Schlierenmethode, ein von A. Toepler bereits 1860 angegebenes Verfahren zur Sichtbarmachung von Schlieren und zum Nachweis kleinster Unterschiede der Brechzahl. Mit einem **Schlierengerät** kann man Linsen und Glasplatten auf Schlieren prüfen sowie Ausbreitungsvorgänge von Schallwellen in Gasen und Strömungsvorgängen in der Aerodynamik, Hydrodynamik und Wärmelehre beobachten und photographieren. Das Schlierengerät arbeitet nach folgendem Prinzip (Abb.): Der von einer beleuchteten spaltförmigen Blende *a* durchgelassene Strahlenkegel wird von einem schlierenfreien Objektiv *b* parallel gemacht, durchsetzt den auf Schlieren zu prüfenden Gegenstand *c* und wird von einem dem ersten völlig gleichen Objektiv *d* wieder zu einem Bild des Blendenspaltes vereinigt. An dieser Stelle befindet sich eine einseitig wirkende Blende *e*. Hinter dieser Spaltbildebene bringt eine Abbildungsoptik die vom Gegenstand ausgehenden Strahlen auf einer Mattscheibe oder Photoplatte *f* zur Vereinigung. Die Kante der einseitig wirkenden Blende verläuft parallel zum Spaltbild, und die Blende läßt sich senkrecht zur optischen Achse verstellen. Man kann mit ihr z. B. die unabgelenkten Strahlen abbilden, so daß nur die an Schlieren des Gegenstandes abgelenkten, nicht durch den Brennpunkt von *d* laufenden Strahlen auf der Mattscheibe als helle Stellen erscheinen.

Schließkopf, → Nieten.

Schliff, 1) ein Verbindungsstück von gläsernen Laborapparaturen. Der S. besteht aus **Schliffkern** und **Schliffhülse** (Stopfenbett). Nach der Form

unterscheidet man **Kegel-**, **Kugel-** und **Zylinderschliffe**. Sind die S.e in jeweils einer Größe beliebig austauschbar, so spricht man von **Normschliffen (NS)**. Eine Schliffverbindung ist absolut dicht, sie erspart das zeitraubende Aneinander-setzen der Geräte mit Schläuchen oder Stopfen und verhindert, daß Kork- oder Gummiteilen die Substanz verunreinigen. (Abb.)

2) ein durch Schleifen bearbeiteter Teil einer Werkstückoberfläche.

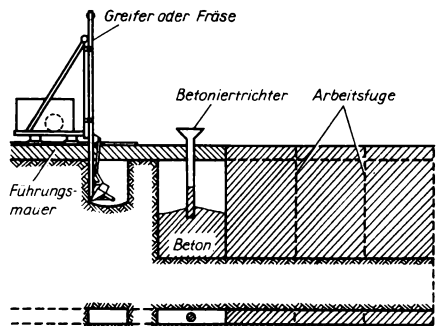
3) svw. → Holzschliff.

Schlingern, durch Seegang und Winddruck hervorgerufene pendelartige Bewegung des Schiffes um seine Längsachse von einer Seite zur anderen. Da die Schlingerbewegung nicht nur die Seekrankheit hervorruft, sondern z. B. auch die Schiffsverbände stark beansprucht und Ladungsschäden hervorrufen kann, versieht man Seeschiffe mit Einrichtungen, die das S. vermindern. **Schlingerkiele** sind in der Kimm auf beiden Seiten längsschiffs angebrachte Flach- oder Winkelwulststähle, die der Umströmung durch das Wasser einen Widerstand bieten und so die Schlingerbewegung dämpfen. Die **Stabilisierungsflossen (Stabilisatoren)**, nach Denny-Brown, Blohm & Voss u. a.) sind eine Art Ruder, die auf beiden Seiten quer aus dem Schiffsrumf ausgefahren oder -geklappt und durch Kreisel entsprechend der Bewegung des Schiffes im Seegang gesteuert werden. Sie sind aber nur wirksam, wenn das Schiff sich in Fahrt befindet. Große Kriegs- und Fahrgastschiffe wurden früher mit **Schlingertanks**, seltener mit einem **Schlinger-** oder **Schiffskreisel** ausgerüstet. Schlingertanks werden jetzt wieder in der Form der in den USA entwickelten **Flume-Tanks** (englisch flume 'Gerinne') angewendet. (Abb.)

Schlippesches Salz, → Antimon.

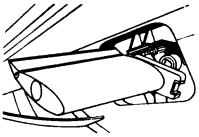
Schlitten, ein in einer Geradführung genau gelagerter, hin- und herbewegliches Maschinenteil.

Schlitzwand, im Grundbau eine Baugrubenumschließung, im Wasserbau ein Dichtungselement im Untergrund (besonders bei Erdstaudämmen). Die S. ist eine Weiterentwicklung der → Bohrpfehlwand. Es werden etwa 50 cm breite Schlitz von 4 bis 10 m Länge mittels Greifer, Tieflöffel oder Fräse unter Verwendung thixotroper Flüssigkeit (→ Thixotropie), die die Wände des Schlitzes abstützt, hergestellt. Die Begrenzung der einzelnen Abschnitte erfolgt durch Abschußelemente. Nach Herstellung des Schlitzes wird, wenn erforderlich, Bewehrung eingelegt. Danach wird der Beton im Kontraktorverfahren (→ Beton) eingebracht.

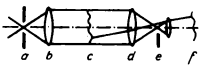


Herstellung einer Schlitzwand (oben Längsschnitt, unten Draufsicht)

Schloß, eine Vorrichtung zum Verschließen von Türen u. a. Man unterscheidet einfache Schösser und Sicherheitsschösser. 1) Das **einfache S.** (Kastenschloß, Abb. 1) besteht aus einem viereckigen eisernen Kasten (Schloßkasten), in dem



Ausfahrbare Stabilisierungsflosse mit Hilfsflosse an der Hinterkante



Aufbau eines Schlierengerätes (schematisch)



Schliffkern



Schliffhülse

Schliff

sich ein waagerechter eiserner Riegel befindet. Dieser ist zwischen Führungen verschiebbar gelagert und wird im Ruhezustand durch die Zuhaltung, einen unter Federdruck stehenden Bügel, gesperrt gehalten. Beim Umdrehen des Schlüssels im Schlüsselloch wird zunächst die Zuhaltung angehoben, d. h. die Sperrung gelöst. Dann greift der Bart des Schlüssels in einen unteren Einschnitt (Angriff) am Riegel und schiebt diesen zur Seite. Am Ende der Bewegung fällt die Zuhaltung in einen oberen Einschnitt des Riegels, dieser ist damit wieder gesperrt. Beim Aufschließen verläuft der Vorgang in umgekehrter Richtung. Die Sicherheit eines solchen Schlosses ist gering, da man die Zuhaltung auch mit einem entsprechend gebogenen Haken (Dietrich) anheben kann. Zur Erhöhung der Sicherheit dienende Schloßbesatzungen (stift- oder ringförmige Ansätze am Schloßboden) erlauben eine Schlüsseldrehung nur bei entsprechenden Schlitzern im Schlüsselbart.

2) **Sicherheitsschlösser** haben mehrere Zuhaltungen, die gleichzeitig in eine bestimmte Stellung angehoben werden müssen, wenn man den Riegel verschieben will. Beim **Chubbsschloß** (Abb. 2) befinden sich im Schloßkasten mehrere hintereinanderliegende, auf einem Dorn gelagerte Platten als Zuhaltungen, die mit verschieden großen Vorsprüngen in einem fensterartigen Ausschnitt versehen sind und auf den Haltestift des Riegels gedrückt werden. Zum Aufschließen, d. h. für das Verschieben des Riegels, müssen alle Zuhaltungen gleichzeitig derart angehoben werden, daß alle Vorsprünge in gleicher Höhe liegen. Die Schlüssel für Chubbsschlösser weisen daher am Bart verschieden hohe (und auch abgescragte) Stufen auf. Die heute am meisten benutzte Art ist das **Zylinderschloß** (Abb. 3). In einem runden stählernen Gehäuse befindet sich ein drehbarer Zylinder, der mit dem Riegel in Verbindung steht. Er wird durch mehrere senkrechte Stahlstifte (als Zuhaltungen), die in Bohrungen des Zylinders ragen und unter dem Druck von Spiralfedern stehen, gesperrt. Diese Stahlstifte sind geteilt, und zwar in verschiedene Längsabschnitte. Wenn man den Zylinder drehen will, müssen alle Stahlstifte so hoch angehoben werden, daß die Trennungsfugen in genau gleicher Höhe liegen, und zwar in Höhe des Umfanges des Zylinders. Das Anheben erfolgt durch Einschleiben eines Flachschlüssels mit genau abgepaßten, sägezahnförmigen Erhöhungen.

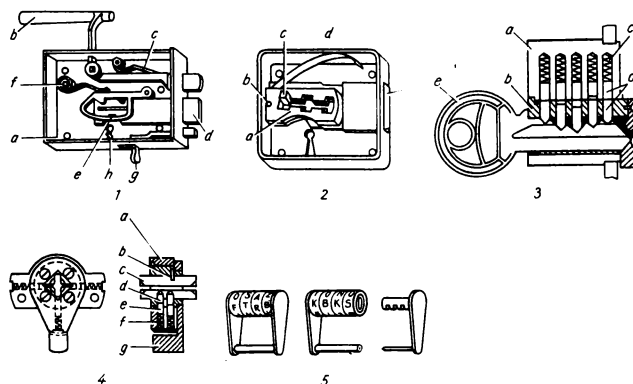
Zur Verwandlung eines einfachen Schlosses in ein Sicherheitsschloß dient ein Einbaudoppelschloß. Er wird durch das S. geführt und von der Stirnseite (*Stulp*) aus verschraubt, wobei die in der Mitte zwischen den Zylindern liegende Schließnase die Funktion des ursprünglichen Schlüsselbarts übernimmt. Die **Einbausicherung** (Bauhöhe 10 mm, Abb. 4) wird ohne Zerstörung der Schloßdecken in den Schloßboden geschraubt. Die Zuhaltungsstifte sind in Kreuz- oder Sternform angeordnet, woraus sich eine entsprechende Schlüsselform ergibt.

Die **Hauptschlüsselanlage** besteht aus einer Anzahl von verschiedenen schließenden Sicherheitsschlössern (vorwiegend Zylinderschlösser), die zusätzlich alle durch einen gemeinsamen Hauptschlüssel betätigt werden können (Anwendung in Betrieben zur Kontrolle, bei Gefahr). In einer Generalhauptschlüsselanlage werden mehrere Hauptschlüsselanlagen mit einem gemeinsamen Generalhauptschlüssel zusammengefaßt. Ausführung z. B. durch mehrfache Teilung der Zuhaltungsstifte. Bei **Zentralschloßanlagen** (z. B. in Wohnhäusern) können mit einem Schlüssel sowohl gemeinsame Schlösser (Haus-, Keller-, Bodentür) als auch persönliche Schlösser (Wohnungs-, Zimmertür) betätigt werden. Ein Doppelkerbenschlüssel schließt mit der einen, allen zur

Anlage gehörenden Schlüsseln gemeinsamen Kerbenreihe alle Zentralschlösser, während mit der anderen, jeweils verschiedenen Kerbenreihe die privaten Schlösser betätigt werden.

Kombinationsschlösser werden nicht mit einem Schlüssel geöffnet, sondern durch Einstellen bestimmter Zahlen- oder Buchstabengruppen (**Zahlen- und Buchstabenschloß**, Abb. 5). Sie werden vorwiegend für Geldschränke gebaut.

Vorhängeschlösser stellen nicht ortsbundene Schließwerke dar und bestehen im wesentlichen aus dem Schloßkörper und einem verdreh- oder verschiebbaren Bügel, der im Schloßkörper verriegelt wird.



1 Kasten-schloß: a Schloßkasten, b Klinke, c Klinkenfeder, d Riegel, e Zuhaltung, f Zuhaltungsfeder, g Nachtriegel, h Schlüsselloch. 2 Chubb-schloß: a Zuhaltungen, b Dorn, c Stift, d Federn, e Riegel. 3 Zylinder-schloß: a Gehäuse, b Zylinder, c Feder, d Stifte, e Schlüssel. 4 Einbausicherung (links Ansicht, rechts Schnitt): a Mantel, b Schlüsselanschlag, c Zylinder, d Innenstift, e Außenstift, f Stiffeder, g Schließnase. 5 Kombinationsschloß (links geschlossen, rechts geöffnet)

Schlotte, eine → Karsterscheinung.

Schlucht, → Tal.

Schluff, der Korngrößenbereich sedimentärer Partikeln von 0,02 bis 0,002 mm Durchmesser (Grobton).

Schlupf, 1) beim Kraftfahrzeug die Differenz zwischen Umfangsgeschwindigkeit der Triebäder und Fahrgeschwindigkeit durch das Gleiten der Reifen auf der Straße. Traktoren werden zur Herabsetzung des S. mit Gleitschutzrichtungen versehen, oder man erhöht den Triebachsdruk durch hydraulische Steuervorrichtungen. Auf vereister Fahrbahn werden Schneeketten verwendet.

2) beim Riementrieb die Differenz der Umfangsgeschwindigkeiten von treibendem und getriebenem Rad durch das Gleiten des Riemens auf Riemenscheiben.

3) Slip, bei der Schiffsschraube der Verlust an wirksamem Vortrieb, bedingt durch das Ausweichen des Wassers.

4) bei Drehstrommaschinen (→ elektrische Maschine) die Abweichung der Läuferdrehzahl von der Drehzahl des Drehfeldes.

Schlupfkupplung, eine → elektrische Maschine, die als Verbindungselement zwischen einer Arbeitsmaschine und ihrem Antriebsmotor dient. Das eine Wellenende trägt ein gleichstromerregtes Polrad, wie es von der Synchronmaschine her bekannt ist, das andere wie bei der Asynchronmaschine einen Anker mit Kurzschlußläufer. Die S. verhält sich hinsichtlich der Drehzahl-differenz zwischen den beiden Wellen wie eine Asynchronmaschine. Sie bedämpft Pendelmomente des Antriebsmotors (Dieselmotor) und stellt durch ihr endliches Kippmoment einen Schutz des Antriebs dar. S.en werden vor allem bei Schiffsantrieben vorgesehen.

Schlüssel, 1) → Schloß. **2)** → Schraubenschlüssel. **Schmalfilmkamera**, ein kinematographisches Gerät zur Aufzeichnung von Bewegungsvorgängen auf Sicherheitsfilm von 16 mm, 9,5 mm oder 8 mm Breite (→ Film). Die S. ist im Prinzip wie eine Normalfilmkamera (→ Bildkamera) aufgebaut. Das Greiferwerk, das den Rohfilm transportiert, und der Umlauf- bzw. Schwingverschluss, der das Aufnahmeobjektiv während des Filmtransports gegenüber dem Rohfilm abdeckt, werden überwiegend durch batteriebetriebene Elektromotoren, in Ausnahmefällen und bei einfachen 8-mm-Amateurfilmkameras durch ein Federwerk angetrieben. **16-mm-Schmalfilmkameras** sind vorwiegend dem Berufsfilm sowie den Film- und Fernsehreportern vorbehalten. Die größtenteils elektronisch stabilisierten Elektromotoren ermöglichen entweder kontinuierlich veränderliche Aufnahmgeschwindigkeiten von 2 bis 64 Bildern/s durch Drehzahlregelung oder abgestufte Geschwindigkeiten von 16, 18, 24, 25, 32 und 48 Bildern/s. Auch Einzelbildschaltung ist möglich. Als Objektive werden Wechselobjektive, Revolverobjektive mit verschiedenen Brennweiten oder Varioobjektive verwendet, als Sucher Durchsichtsucher mit selbsttätigem Parallaxenausgleich oder Reflexsucher mit Mattscheibe und Schwingspiegel. Die Lichtmessung erfolgt vorwiegend photoelektrisch durch das Objektiv. Die Blendeneinstellung kann halbautomatisch durch Nachführzeiger (im Sucher sichtbar) oder vollautomatisch durch Ausnutzung der Drehspulbewegung gesteuert werden. Vor- und Rücklauf mit Fernauslösung und damit gleichzeitig Trickaufnahmen, Auf-, Ab-, Überblendung und Mehrfachbelichtungen sind möglich. Pilottongeneratoren ermöglichen synchrone Magnettonaufzeichnungen auf getrenntem Band. Es gibt auch 16-mm-Schmalfilmkameras, mit denen Licht- bzw. Magnetton vollsynchron auf dem gleichen Rohfilm aufgezeichnet werden kann. **8-mm-Schmalfilmkameras** sind hauptsächlich dem Amateurfilmschaffen vorbehalten. Verwendet wird Doppel-8-mm-, Super-8-mm oder Single-8-mm-Film. Die technische Ausführung entspricht im allgemeinen der von 16-mm-Schmalfilmkameras. Einfache 8-mm-Schmalfilmkameras haben Fixfokus-Objektive (nicht auf verschiedene Entfernungen einstellbar).

Schmalspur, → Spurweite.

Schmalte, svw. Smalte, → Kobalt.

Schmälzen, das Erhöhen der Gleitfähigkeit von Wolle und anderen Faserstoffen sowie das Verbessern der Haftfähigkeit von Synthesefasern zur Erleichterung des Verspinnens. Die Schmälmittel (vor allem emulgierte Mineralöle) werden als Emulsionen oder in wäßrigen Lösungen z. B. auf die Fasern aufgesprüht; sie müssen vor dem Färben entfernt werden.

Schmelzen, 1) Physik: der isotherme Übergang eines Stoffes aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand. Er erfolgt bei reinen kristallinen Stoffen stets bei einer bestimmten Temperatur, dem **Schmelzpunkt** (**Fließpunkt**, abg. **FP**). Dieser ist mit dem Erstarrungspunkt (Gefrierpunkt) identisch. Lösungen haben einen niedrigeren Schmelzpunkt als reine Stoffe (Gefrierpunkts- oder Schmelzpunktserniedrigung, → Kryoskopie). Stoffgemische, mit Ausnahme der scharf schmelzenden Eutektika, schmelzen innerhalb eines Temperaturintervalls, das durch die Siedepunkte der reinen Komponenten begrenzt wird. Während des S.s nimmt der Stoff die Schmelzwärme auf.

Die meisten Körper dehnen sich beim Schmelzvorgang aus. Das Wasser bildet dabei mit wenigen anderen Stoffen eine Ausnahme: Aus 10 l Eis werden beim S. nur 9 l Wasser. Die Dichte nimmt dabei von 0,9112 bis 0,99987 um etwa 10 % zu. Auf dieser Tatsache beruht die Sprengwirkung des Eises in der Natur; z. B. vermag gefrierendes

Wasser große Felsblöcke auseinanderzusprengen. Weiterhin ergibt sich daraus, daß Eis auf Wasser schwimmt.

Das **fraktionierte S.** ist eine Methode zur Reinstdarstellung von Elementen und Verbindungen.

Durch **Vakuumschmelzen**, d. h. durch Anwendung von Vakuum, wird der Schmelzpunkt einer Substanz zwar nur wenig erniedrigt, dafür findet aber neben einer geringeren Oxydation des Stoffes eine Entgasung der Schmelze statt. Die Schmelze erhält dann nach dem Wiedererstarren ein einheitlicheres Gefüge (→ Vakuummetallurgie).

2) Metallurgie: das Überführen von Einsatzstoffen (Erze, Rücklaufmaterial, Rohmetall, Schrott, Zusatzstoffe und Zuschläge) in schmelzflüssigen Zustand durch Erhitzen auf hohe Temperaturen. Das S. wird in metallurgischen Öfen (Schacht-, Flamm-, Gefäß- und Elektroöfen) vorgenommen. Man unterscheidet reines Einschmelzen, Umschmelzen und Reaktionsschmelzen. 1) Das **reine Einschmelzen** ohne stoffliche Veränderung des Einsatzes dient zum Fernhalten atmosphärischer Einflüsse. Es erfolgt z. T. unter Anwendung einer Schutzschicht (z. B. Salzschnmelzen, Schlackenschmelzen) oder eines Schutzgases (Stickstoff, Kohlendioxid, Edelgase u. a.) oder im Vakuum (→ Vakuummetallurgie). Zur Gewinnung insbesondere von Reinstmetallen wendet man neuerdings das → Elektronenstrahlschmelzen an.

2) Das Umschmelzen dient zum Zusammenschmelzen oder Legieren verschiedener, besonders metallischer Komponenten, wobei stoffliche Veränderungen stattfinden, z. B. Umschmelzen von Roheisen in Gußeisen.

3) Das Reaktionsschmelzen dient zur Durchführung chemischer bzw. metallurgischer Umsetzungen. Dazu gehören a) **reduzierendes S.**, z. B. zur Erzeugung von Metallen aus Metalloxiden unter Einwirkung von Kohlenstoff, Kohlenmonoxid oder Wasserstoff; b) **oxydierendes S.** mit Sauerstoff in Form von Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft, zuweilen auch mit Schwefel oder Chlor zur selektiven Oxydation von Verunreinigungen, z. B. Frischen zur Entfernung unerwünschter Eisenbegleiter bei der Stahlschmelze, **trockene Bleiraffination** zur Entfernung von Zinn, Arsen, Antimon und Zink, **trockene Kupferraffination** zur Entfernung unedler Verunreinigungen; c) **schwefelndes S.**, z. B. bei der thermischen Konzentration von Kupfer in Stein; d) **arsenierendes S.** zur Anreicherung von Nickel und Kobalt in Speisen; e) **entschwefelndes S.**, z. B. von Roheisen mittels Kalk oder Soda; f) **reines Reaktionsschmelzen** (→ Röstreaktionsverfahren); g) **niederschlagendes S.** (→ Niederschlagsarbeit).

Schmelzfarben, → keramische Farben.

Schmelzflußmetallurgie, svw. → Pyrometallurgie.

Schmelzklebstoffe, → Kitten.

Schmelzöfen, Industrieöfen zur Gewinnung von Metallen und auch Nichtmetallen aus Erzen oder Zwischenprodukten sowie zum Veredeln und Wiederverflüssigen (Umschmelzen) von Metallen und Nichtmetallen. S. sind feuerfest ausgekleidet (→ Futter). Man unterscheidet Herdschmelzöfen, Tiegelöfen, Flammöfen (veraltet) und Schachtöfen.

Schmelzschnitt, → Elektrochirurgie.

Schmidt-Argus-Rohr, → Luftstrahltriebwerk.

Schmidt-Spiegel, ein → Spiegelsystem.

Schmidt-Spiegelteleskop, ein → astronomisches Instrument.

Schmieden, Umformverfahren der Massivumformung. Man unterscheidet → Freiformschmieden und → Gesenkschmieden. Nach der Maßgenauigkeit (Abweichung vom Werkstück-Endmaß) kann man weiter unterscheiden zwischen Normalschmieden (Kurzbezeichnung S.)

und → Genauschmieden, nach Art der Energiequelle zur Erzeugung der Umformarbeit in S. von Hand (Handwerk) und S. auf Umformmaschinen (Industrie). Umformmaschinen zum S. sind → Maschinenhämmer (Schlagschmieden) und → Pressen (Druckschmieden). Das S. wird überwiegend als Warmumformen (→ Umformen) durchgeführt. Die Umformtemperaturen betragen bei Stahl 800 bis 1300 °C, bei Kupfer 800 bis 900 °C, bei Messing (Ms 60) 700 bis 800 °C, bei Aluminiumlegierungen 330 bis 550 °C, bei Magnesiumlegierungen 300 bis 420 °C. Das Anwärmen der Schmiedestücke erfolgt beim Freiformschmieden kleiner Stückzahlen, wie sie besonders im Handwerk vorkommen, im Schmiedefeuer (eine offene Einfach- oder Doppelwanne mit Koksfüllung, die durch ein Elektrogebläse zum Glühen gebracht und glühend gehalten wird), bei größeren Stückzahlen in der Industrie in → Wärmeöfen.

Lit. Bruchanow u. Rebelski: Gesenkschmieden (dtisch Berlin 1955); Dittmann: Der Schmied (2 Bde Leipzig 1956/58); Ens: Industrie-Freiformschmiede (Berlin 1955); Geleji: Walzwerks- und Schmiedemaschinen (2. Aufl. Berlin 1961); Kopytow: Mechanisierte Schmiedöfen (dtisch Berlin 1954); Preuß: Schmiedetechnologie (Berlin 1953); Unksow: Neue Forschungen der Schmiedetechnologie (dtisch Berlin 1954).

Schmiedewalzen, svw. → Reckwalzen.

Schmiegeebene, → Raumkurve. **Schmieglekreis**, der Krümmungskreis, → Krümmung.

Schmiegen, svw. → Biegen.

Schmierstoffe, flüssige oder halbfeste (Schmieröle oder Schmierfette) organische oder anorganische Stoffe, die die Reibung und den Verschleiß zwischen Gleitflächen oder -linien (Kugellager) vermindern sollen.

An Schmieröle werden folgende Anforderungen gestellt: ausreichende Viskosität (steigend je nach Flächenpressung), gutes Viskositäts-Temperatur-Verhalten (möglichst geringe Viskositätsabnahme bei Erwärmung und Viskositätszunahme bei Abkühlung), niedriger Stockpunkt in der Kälte, gute Alterungsbeständigkeit gegen Wärme und Luftsauerstoff. Als Schmieröle dienen hauptsächlich Mineralöle verschiedener Viskosität, die bedeutend weniger zur Oxydation neigen als pflanzliche Öle. Man erhält sie überwiegend aus Erdöl durch Raffination von Vakuumdestillaten mittels selektiver Lösungsmittel zur Verbesserung des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens durch Entfernung der Aromaten, Nachraffination mit konzentrierter Schwefelsäure zur Verbesserung der Alterungsstabilität und Erniedrigung des Stockpunktes durch Entparaffinierung. Auch die hydrierende Raffination bei Mitteldruck hat für Schmieröle erhebliche Bedeutung erlangt. Die bei der Vakuumdestillation des Erdöls anfallenden schweren Rückstände müssen bei der Verarbeitung auf hochviskose Schmieröle entasphaltiert werden, z. B. durch Ausfällung mittels Propan bei 50 bis 70 °C unter Druck. Weiter kann die Qualität von Motorschmierölen durch besondere Zusätze, z. B. Stockpunktniedriger, Oxydationsinhibitoren, HD- und DD-Additive (→ Additives) verbessert werden. Für Getriebeöle werden EP-Additive verwendet, für Turbinen-, Schalter- und Transformatoröle spezielle Oxydationsinhibitoren, z. B. 2,6-Di-tert.butyl-p-kresol. Für besonders hohe Anforderungen (z. B. für Flugturbinen) und für spezielle Anforderungen (z. B. Strahlenfestigkeit, extrem niedrige Dampfdrücke von 10^{-7} Torr für Hochvakuumaggregate oder Schwerentflammbarkeit für gewisse Hydraulikzwecke) sind mannigfache synthetische Öle entwickelt worden, z. B. Polyäthylenöle, Esteröle (z. B. Diäthylhexylester der Sebazinsäure oder Adipinsäure), Polyalkylenglykole, Polyphenyläther, Silikonöl, chlorierte und fluorierte Kohlenwasserstoffe.

Schmierfette sind konsistente Aufquellungen von etwa 20 % Seife oder synthetischen organischen Dichtungsmitteln in Schmierölen oder plastische Suspensionen von anorganischen Stoffen (z. B. von Ruß, Kieselgel, Betonit) in Schmierölen. Die Gemische stellen Gele dar, die in gewissem Grade thixotrop sind, d. h., daß unter dem Einfluß von Scherkräften, also nur im unmittelbaren Bereich gegeneinander bewegter Gleitflächen, reversibel Verflüssigung eintritt, während im übrigen der Mizellenverband starr bleibt. Dadurch wird ein Fortfließen und Abschleudern des Öles, z. B. aus Kugellagern, verhindert, so daß eine gewisse Vorratsschmierung gegeben ist. Außerdem wird das Lager nach außen gegen Schmutz abgedichtet. Schmierfette, die Natronseifen enthalten, sind bis etwa 120 °C einsetzbar; sie haben aber ein schlechtes Kälteverhalten und sind nicht wasserfest. Kalzium-, seifenhaltige Schmierfette sind wasser- und kältefest, aber nur bis maximal 80 °C beständig. Lithiumseifen werden zur Herstellung von Mehrzweckschmierfetten verwendet, die mechanisch hoch beanspruchbar, temperatur- und wasserbeständig sind. Für höhere und spezielle Anforderungen werden blei-, aluminium-, barium- und komplexverseifte Schmierfette hergestellt, gegebenenfalls unter Verwendung von Silikon- oder Esterölen und von Festschmierstoffen.

Festschmierstoffe sind meistens anorganische Produkte, deren Partikeln auf Grund ihrer kristallinen Struktur der Verschiebung gegeneinander nur geringen Reibungswiderstand entgegensetzen. Die zwischen gleitenden, sich berührenden Metallflächen befindlichen Partikeln nehmen die Scherkräfte auf, verhindern dadurch den Abrieb der Metallflächen und reduzieren den Reibungswiderstand. So wird z. B. Graphit durch Scherkräfte in hexagonale Plättchen gespalten, die einen sehr geringen Reibungskoeffizienten haben. Graphitfilme verleihen Gleitflächen Notlaufeigenschaften und schützen gegen Korrosion. Sie sind an der Luft bis etwa 550 °C beständig, in inerter Atmosphäre bis über 2000 °C. Graphit wird als trockenes Pulver oder häufiger als Suspension in Schmierölen oder Wasser angewendet. Molybdän(IV)-sulfid MoS_2 , das ebenfalls aus hexagonalen Plättchen besteht, haftet besser als Graphit, kann aber oberhalb von 360 °C in Molybdänoxid übergehen, das unter Umständen schmirgelt. Auch muß es entweder durch starkes Reiben, mit Hilfe von Atpasten oder als Lack oder Spray auf die Gleitflächen aufgebracht werden. Man wendet MoS_2 in Form von Reibstiften oder als z. B. 5%ige Suspension in Öl oder in Lacken an.

Da die schwarze Farbe des Graphits und des Molybdän(IV)-sulfids für manche Zwecke, z. B. für Textilmaschinen, unzutrefflich ist, versucht man auch helle Festschmierstoffe einzusetzen, z. B. Glimmer, Talk, Titan(IV)-sulfid, Wolfram(IV)-sulfid, Zinksulfid, Bornitrid und Polytetrafluoräthylen.

Sonstige S. Schließlich werden bei der Warmverformung von Metallen (Ziehen von Drähten und Rohren, Strangpressen) Gemische von Alkaliphosphaten und -boraten (mit gewissen Schwermetallsalzen als Korrosionsinhibitoren), die oberhalb 300 °C eutektische Schmelzen bilden, als Hochtemperaturschmiermittel und Trennmittel eingesetzt (*Phosphatherme*).

Da schätzungsweise $1/3$ der in der Welt erzeugten Energie durch Reibung verlorengeht, können durch sachgerechten Einsatz zweckentsprechender Schmiermittel erhebliche Einsparungen erzielt werden.

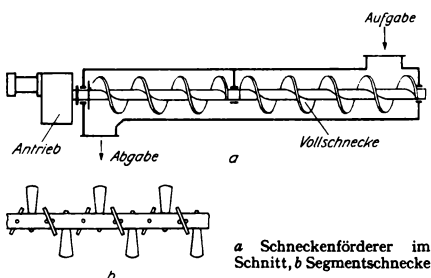
Lit. Fuller: Theorie und Praxis der Schmierung (Berlin 1961); Roth u. Mai: Einführung in die Technologie der Schmierölgewinnung aus Erdöl (Leipzig 1963); Ta m m u. Ulms: Schmierpraxis (2. Aufl., Berlin 1965).

Schmirgel, swv. → Smirgel.

Schnecke, 1) Maschinenbau: ein schraubenförmiges Zahnrad, das mit dem Schneckenrad das Schneckengetriebe bildet; es wird für sich kreuzende Wellen verwendet und eignet sich für große Übersetzungen.

2) Fördertechnik: → Schneckenförderer.

Schneckenförderer, ein Fördermittel zur stetigen Waagrecht-, Schräg- oder Senkrechtförderung von Schüttgütern, z. B. Getreide, Mehl, Zement. Der S. besteht aus einem feststehenden Trog oder Rohr, in dem das Fördergut durch eine angetriebene umlaufende Vollschncke (schraubenförmig gewundenes, an der Welle angeschweißtes Blech) vorwärtsgeschoben wird. Für zähes oder grobstückiges Fördergut wird die Bandschncke eingesetzt, die weniger zum Verstopfen neigt. Bei ihr ist zwischen dem Schneckenband und der Schneckenfördererwelle eine freie Fläche vorhanden, und das Schneckenband ist durch Stege mit der Welle verbunden. Soll



beim Fördern das Gut gleichzeitig gemischt und gerührt werden, so verwendet man Segment-schncken. Aufgabe- und Entnahmeverrichtung für das Fördergut können an jeder Stelle des Troges bzw. Rohres angebracht werden. Eine Sonderform ist der Schneckenrohrförderer, ein sich drehendes Rohr mit eingebauter Bandschncke am inneren Umfang. Zuführung und Entnahme des Fördergutes sind nur an den Rohrenden möglich. Der Schneckenrohrförderer wird in Drehrohröfen zum Mischen und Kühlen eingesetzt.

Schneckenlader, eine → Lademaschine zum stetigen (kontinuierlichen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut. In das Ladegut greifen Stahlschncken und bewegen es zu einem nachgeschalteten Förderband oder (seltener) einem Becherwerk. Die Schncken können als Vollwand-(Stahlblech-) Schncken oder Hohl-schncken ausgeführt sein. Ähnliche Schnckenmechanismen werden für Schneeräummaschinen angewendet. S. werden durch einen Dieselmotor oder elektrisch angetrieben und sind mit luftbereiften Rädern oder mit Gleisketten versehen.

Schneckenpresse, Extruder, eine Maschine zum Strangpressen von Thermoplasten, z. B. Polyäthylen, Polystyrol, Polyamiden, und von Elasten, z. B. verschiedener Kautschukarten. Das plastifizierte oder teilweise gelierte Rohmaterial wird mittels einer Schncke durch ein verschieden profiliertes Mundstück, die Düse, gepreßt. Je nach Form der Düse erhält man Profilstränge, Rohre, Stäbe, Folien oder Schläuche. An den Vorgang des Strangpressens kann sich ein Aufblasen zu Hohlkörpern (Flaschen, Ballons u. a.) anschließen. Der Schneckendurchmesser beträgt derzeit 8 bis 200 mm, die Ausstoßleistung bis zu 2000 kp je Stunde.

Schnee, eine Form der → Hydrometeore.

Schneeräumgeräte, Geräte zur Beseitigung von Schnee auf Straßen, Eisenbahnstrecken, Flugplätzen. Der **Schneepflug** besteht aus zwei keilförmig verbundenen Holzwänden oder gewölbten

Stahlblechen, er wird von Pferden gezogen oder als Vorsatzgerät an Lastkraftwagen, Traktoren oder auch Lokomotiven angebracht. Mit Schneepflügen kann nur lockerer, nicht zu hoch liegender Neuschnee beseitigt werden. **Schneeschneldern** sind selbstfahrende oder angebaute Geräte mit einem oder zwei Wurfträdern, die den Schnee zur Seite werfen. Fester und hoher Schnee kann mit **Schneefräsen** beseitigt werden, die ihn ebenfalls zur Seite schneldern. Das Räumen geschieht mit Hilfe von Förderschncken oder von mit schräg gestellten Schaufeln versehenen Trommeln, die quer zur Fahrtrichtung rotieren, das Wegschneldern durch Wurfträder. Trommelfräsen räumen bis zu 650 t/h und werfen den Schnee bis zu 40 m weit. Die Räumhöhe von S.n beträgt je nach Größe bis zu 3 m. Schneescheldern und -fräsen haben gegenüber Schneepflügen den Vorzug, daß keine Schneewälle am Rande der Räumstrecken entstehen, die oft Verwehungen verursachen.

Schneiden, 1) Fertigungstechnik: 1) Überbegriff für verschiedenartige Schneidverfahren der Verfahrensgruppe → Zerteilen.

2) oft verwendete zusammenfassende Bezeichnung für thermische Verfahren des → Abtragens. Man unterscheidet autogenes S., elektrisches S., Plasmaschnneiden und Laserschnneiden. a) Beim **autogenen S. (Brennschnneiden)** wird das zu Beginn auf Entzündungstemperatur gebrachte Material durch Sauerstoffzusatz verbrannt. Die Oxidrückstände werden durch den Sauerstoffstrahl aus der Schnittfuge geblasen. Das Material kann brenngeschnitten werden, wenn seine Entzündungstemperatur unter der Schmelztemperatur liegt und die Schmelztemperatur der Oxide geringer als die Verbrennungstemperatur ist. Die Oxide müssen leichtflüssig und die Wärmeleitfähigkeit des Metalls gering sein. Dies trifft im wesentlichen nur für Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt von < 1,7 % zu. Es kann Material von 0,3 bis 300 mm Dicke getrennt werden. Das Brennschnneiden ist eines der wirtschaftlichsten Trennverfahren. Als Arbeitsgerät dient der **Schneidbrenner**. Außer von Hand wird immer häufiger mit **Brennschneidmaschinen** gearbeitet, wobei der Brenner nach Schablonen oder bei modernen Maschinen photoelektrisch oder optisch gesteuert wird (→ optisches Brennschnneiden). Das **Pulverbrennschnneiden** dient zum Trennen hochlegierter und plattierter Stähle, Gußeisen, Kupfer und Nickel. Dem Sauerstoffstrahl werden Quarzsand, Natriumsalze oder Eisenpulver beigefügt, um die Schmelztemperatur herabzusetzen. Das **Fugenhobeln**, eine Sonderform des Brennschnneidens, dient zum Ausarbeiten von Nahtwurzeln, Entfernen fehlerhafter Schweißnähte u. a. Es ist wirtschaftlicher als Meißeln und Schleifen.

b) Beim **elektrischen S.** wird über das zu trennende Werkstück eine Kohlelektrode hinweggeführt, die elektrisch negativ gepolt ist. Der positive Pol liegt am Werkstück, so daß zwischen diesem und der Elektrode ein Lichtbogen entsteht, der das Metall wegschmilzt. Das elektrische S. ist unwirtschaftlicher und ergibt einen unsaubereren Schnitt als das autogene S., es wird daher nur vereinzelt bei Verschrottungsarbeiten angewandt. Unter Wasser kann autogen mit Benzin als Brenngas oder elektrisch geschnitten werden, jedoch normalerweise nur an Stahl.

c) Das **Plasmaschnneiden** oder **Wolfram-Inertgas-S.** (abg. WIG-S.) ist ein neu entwickeltes Verfahren und dient hauptsächlich zum Trennen von Aluminium, Kupfer, Bronze und hochlegierten Stählen. Ein Lichtbogen brennt dabei entweder zwischen einer Wolframelektrode und dem Werkstück (Werkstückpolung) oder der Wolframelektrode und einer Düse (Düsenpolung). Als Schutzgas dienen Inertgase, und zwar einatomige Gase (Helium und Argon) sowie zweiatomige Gase (Stickstoff und Wasserstoff). Die Gase wer-

den in den Lichtbogen eingeführt, wodurch sich ein Plasma bildet, das als Energieträger auftritt und das Material des Werkstückes aufschmilzt. Zum S. wird ein **Plasmabrenner** (**WIG-Brenner**) verwendet. Der Brenner dient zum Halten der stromführenden Wolframelektrode und der Zufuhr von Schutzgasen durch die Düse in den Schneidraum. Es gibt luft- und wassergekühlte Brenner. Die Schneidarbeiten können ähnlich wie das autogene S. maschinell ausgeführt werden. Die Qualität der Schnitte ist ausgezeichnet.

d) Beim **Laserschneiden** wird die besonders gebündelte Lichtenergie (\rightarrow Laser) genutzt, um Metalle (auch schwerschmelzende) zu schneiden. Es können feinste Schnitte auch über größere Entfernungen ausgeführt werden. Dieses Verfahren ist erst am Beginn seiner Entwicklung.

2) **Filmtechnik** (Tafel 56): das Aussortieren von Bildpositiven (Bildmustern) und Magnetbändern oder -filmen der verschiedenen, z. T. mehrfach aufgenommenen Szenen, das Schneiden und Festlegen ihrer Reihenfolge. Die geschnittenen Bild- und Tonmuster werden nach Regieanweisungen zur **Schnittkopie** (Musterkopie, Arbeitskopie) zusammengesetzt, die als Vorlage (Muster) für die endgültige Aneinanderreihung der vorgesehenen Original-Bild-Negative zum geschnittenen Bild-Negativ (**Schnitt-Negativ**) bzw. zur \rightarrow Mischung dient. Diese Arbeiten werden vom Schnittmeister (Cutter) am **Schneidetisch** ausgeführt, einer horizontalen (in Tischform) oder vertikalen Umroll- und Kleebeeinrichtung für 8-mm-, 16-mm-, 35-mm- und 70-mm-Film. Der Schneidetisch ist unter anderem mit mehreren Filmtellern, rotierendem Achtkantprisma zur Bildwiedergabe auf abgedunkeltem Projektionschirm und Abtastgeräten für Lichtton- und Magnettonaufzeichnung ausgestattet. **Schneidflüssigkeit**, veraltet für \rightarrow Kühlschmiermittel.

Schneidkeramik, ein Werkzeug- oder Schneidstoff für die spanende Formung. Grundwerkstoff ist Aluminiumoxid Al_2O_3 . Durch Zumischung von Schwermetallen wurden die Metallmischkarbid- und Metallmischkeramiksornten entwickelt. Je nach Art der Zumischung unterscheidet man \rightarrow Oxidkeramik, Oxid-Metall-Keramik (\rightarrow Cermets) und Oxid-Karbid-Keramik.

Die S. wird in Plattchenform auf die Meißel zum Drehen und Hobeln aufgeklemt, aufgelötet oder aufgeklebt. Gegenüber Hartmetall hat S. z. B. den Vorteil einer höheren Warmhärte und Verschleißfestigkeit und ermöglicht das Spanen hochlegierter, hochwärmfester Werkstoffe sowie die Anwendung höherer Schnittgeschwindigkeiten. Nachteilig sind unter anderem geringe Biegefestigkeit und niedrige Zähigkeit. Neben dem Drehen wird z. T. auch schon das Fräsen mit S. angewendet oder befindet sich im Versuchsstadium. S. wird die anderen Schneidwerkstoffe nicht verdrängen, da der Anwendung durch die relativ niedrigen Zähigkeitswerte Grenzen gesetzt sind.

Lit. Agte, Kohlermann, Heymel: S. (Berlin 1959).

Schneidkluppe, \rightarrow Kluppe 2).

Schneidmetalle, **Stellite**, naturharte Kobalt-Chrom-Wolfram-Gußlegierungen mit 35 bis 55 % Kobalt, 25 bis 33 % Chrom, 10 bis 25 % Wolfram, 2 bis 4 % Kohlenstoff, bis 13 % Eisen, z. T. werden bis 10 % Molybdän und bis 15 % Nickel zugegeben. S. werden eingesetzt für Schneidteile von Hochleistungswerkzeugen zur Bearbeitung metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe.

Schneidwerk, svw. \rightarrow Mähwerk.

Schnellarbeitsstahl, ein Werkzeugstoff, der durch Legierung von Wolfram, Molybdän, Chrom, Kobalt, Vanadin gegenüber Werkzeugstahl höhere Zerspanungsleistung ermöglicht. Die Warmhärte beträgt etwa 500 bis 600 °C, d. h., bis zu dieser Temperatur bleibt die Härte er-

halten; beim Anstieg darüber hinaus fällt die Härte ab. Entsprechend den einzelnen Legierungsanteilen unterscheidet man verschiedene Sorten mit entsprechendem Einsatzgebiet.

Schnellbahn, abg. **S-Bahn**, eine hochleistungsfähige \rightarrow Stadtschnellbahn auf Eisenbahnanlagen, meist getrennt vom übrigen Eisenbahnverkehr auf eigenen Gleisen. Sie wird mit speziellen Nahverkehrstriebwagen und im starren Fahrplan betrieben. Die Führung erfolgt stets in der \rightarrow Zweiten Ebene, auf Außenstrecken auch im Einschnitt oder auf Geländeneiveau. S.en werden ausschließlich elektrisch betrieben, die Speisung erfolgt über Stromschiene mit 750 V bis 1500 V Gleichspannung (Berlin z. B. 750 V, geplant 1500 V; Hamburg 1200 V). Ein automatisch arbeitendes Selbstblocksystem mit induktiver \rightarrow Zugbeeinflussung erlaubt Zugfolgezeiten bis zu 90 Sekunden. Schnellbahnfahrzeuge werden für großes Fassungsvermögen und schnellen Fahrgastwechsel ausgelegt und sind mit trittstufenlosen Einstiegen an hohen Bahnsteigen, zentraler Türschließeinrichtung und besonderer Wagenbegrenzung versehen. Sie sind daher außerhalb des Schnellbahnnetzes meist nicht einsetzbar.

Lit. Die Berliner S-Bahn (2. Aufl. Berlin 1967).

Schnellboot (Tafel 12), abg. **S-Boot**, ein kleines, schnelles und wendiges Kriegsschiff, das in Schiffskonvois als Schiffsbegleitschutz und Küstenschutz sowie zur Abwehr von Landungsunternehmen eingesetzt wird. Es gibt **Torpedoschnellboote** (abg. **TS-Boote**) mit Torpedobewaffnung (2 bis 4 Torpedorohre) und Fla-Waffen und **Raketenschnellboote** (abg. **RS-Boote**) mit Raketenbewaffnung (2 bis 4 gelenkte taktische Raketen) und radargesteuerten vollautomatischen Fla-Waffen zur Luftabwehr und zur Bekämpfung angreifender feindlicher S.e.

S.e haben ein Deplacement von 100 bis 200 ts (tons), die Geschwindigkeit beträgt 50 kn (Knoten) und mehr, die Besatzung 20 bis 40 Mann. Der Antrieb erfolgt durch Dieselmotoren oder neuerdings vielfach durch Gasturbinen. Entwicklungstendenzen für diesen Bootstyp sind Tragflügelboote und Luftkissenfahrzeuge.

Schnellpresse, svw. \rightarrow Zylinderdruckmaschine.

Schnellschreiber, ein \rightarrow Registriergerät.

Schnitt, 1) Geometrie: a) die Gesamtheit der gemeinsamen Punkte zweier geometrischer Gebilde. Die \rightarrow Kegelschnitte z. B. erhält man als die Gesamtheit der gemeinsamen Punkte (**Schnittpunkte**) eines (Doppel-) Kegels und einer Ebene als **Schnittkurven** (Durchdringungskurven) zweier Flächen (Kegelmantel und Ebene). Als **Schnittfläche** bezeichnet man den S. eines Körpers mit einer Ebene (**Längsschnitt**, **Querschnitt**); b) \rightarrow Goldener Schnitt.

2) graphische Technik: die drei beschnittenen Seiten des Buchblocks. Durch Beschneiden werden die Bogen geöffnet und ein glatter Abschluß erzielt. Die Schnittfläche kann mit Farbe (Farbschnitt) oder Blattmetall (Goldschnitt) verziert werden.

Schnittkräfte, in der Statik zusammenfassende Bezeichnung für die drei Kraftkomponenten N (Normalkraft), Q_y und Q_z (Querkkräfte) und die drei Momentenkomponenten M_y , M_z (Biegemomente) und T (Torsionsmoment). Diese Komponenten entstehen, wenn man die Kräfte, die bei einem an beliebiger Stelle geführten Schnitt an einem biegesteifen Tragwerk (Balkenträger, Flächenträgerwerk) abgetrennt werden, im Schwerpunkt der Schnittfläche zusammenfaßt. Die S. halten mit den am Rest des Tragwerkes noch verbleibenden Kräften das Gleichgewicht. Sie sind den an der Schnittstelle wirkenden inneren Spannungen (bzw. deren Resultierenden) äquivalent. Daher können die durch die Belastung im Tragwerk hervorgerufenen Spannungen bei Kenntnis der Spannungsverteilung aus den S.n

ermittelt werden (→ Festigkeit). Trägt man die Schnittkraft als Ordinate über einer bestimmten Bezugsgeraden (z. B. Stabachse) auf, so erhält man die **Schnittkraftfläche** (Querkraftfläche, Normalkraftfläche, Momentenfläche), eine graphische Darstellung des Verlaufs der in dem Tragwerk auftretenden Spannungsergebnisse.

Schnorchel, 1) → Unterseeboot. 2) → Tauchergerate.

Schnürboden, 1) Schiffbau: ein großer Raum mit einem ebenen, hellgestrichenen Fußboden, auf dem jeweils die Form des zu bauenden Schiffes in natürlicher Größe aufgeschnürt, d. h. aufgezeichnet, und gegebenenfalls eingerissen wird. Nach den Rissen stellt man dann auf dem S. Schablonen und Modelle für Einzelteile her. Der S. ist heute durch das → optische Anzeichnen und das → optische Brennschneiden ziemlich verdrängt.

2) Holzbau: eine aus waagrecht verlegten Bohlen gebildete Fläche, auf der eine Holzkonstruktion (Dach, Treppe u. a.) in natürlicher Größe aufgerissen (abgeschnürt) wird. Nach dem Aufriß werden die Konstruktionshölzer zugeschnitten.

3) → Bühnentechnik.

Schöndruck, die zuerst gedruckte Seite eines beidseitig bedruckten Druckbogens. Gegensatz: **Widerdruck**, die beim zweiten Druckgang gedruckte Rückseite.

Schoner, ein → Segelschiff.

Schönung, 1) in der Wasseraufbereitungstechnik die Beseitigung von trüb- und farbstoffbildenden Substanzen sowie die Zerstörung geruchs- und geschmacksbeeinträchtigender Inhaltsstoffe in Trink- und Brauchwässern. Bereits sehr geringe Mengen Phenole können bei der Chlorung eines Trinkwassers infolge Bildung sehr geruchs- und geschmacksintensiver Chlorphenolkörper einen „Apothekengeruch und -geschmack“ hervorrufen. Derartig verschmutzte Wasser können nach bestimmten Vorbehandlungsstufen durch Filtration über Aktivkohle oder Wofatite sowie durch Behandlung mit Ozon, Chlordioxid oder Chloramine geschönt werden.

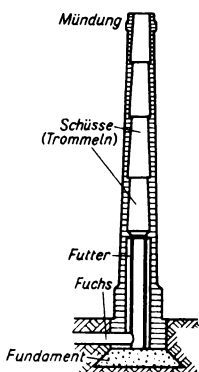
2) ein bei Wein angewendetes Verfahren zur Beseitigung der Trübungen. Schönungsmittel sind z. B. Hausenblase, Gelatine und Eiweiß; in neuerer Zeit wird die Blauschönung mit Kaliumferrozyanid bevorzugt, die durch Eiweiß oder Metalle hervorgerufene Trübungen beseitigt. Die S. darf nur nach Anweisung eines Fachchemikers vorgenommen werden.

Schoopisieren, → Metallspritzen.

Schörl, verbreitetste Varietät des → Turmalins.

Schornstein, **Esse**, **Schlot**, **Kamin**, ein senkrechter Kanal mit einem kreisförmigen oder rechteckigen Querschnitt (Seitenverhältnis nicht größer als 1:1,5) zum Abführen der leichten Verbrennungsgase von Feuerungen ins Freie und zum Ansaugen sauerstoffreicher Luft durch den Feuerungsrost. Die Bemessung des Querschnitts erfolgt nach TGL 10705 (Industrieschornsteine). Durch zu starke Abkühlung der Rauchgase im S. schlägt sich der darin enthaltene Wasserdampf als Wasser nieder und führt zur **Schornsteinversottung**, die sich am Äußeren des S.s durch bräunliche bis schwarze Flecke und durch unangenehmen Geruch bemerkbar macht und häufig Ursache von Schornsteinbränden ist.

Fabrikorschornsteine sollen die schädlichen Rauchgase in möglichst großer Höhe über die Umgebung austreten lassen. Sie werden mit Formsteinen (Radialsteinen) gemauert, im Gleitbau aus Stahlbeton gefertigt oder aus vorgefertigten und nachträglich miteinander verspannten Stahlbetonringen montiert. Der Durchmesser nimmt in der Regel nach oben ab (konische Form). Im unteren Teil erhalten sie innen einen Mantel von Schamottesteinen.



Aufbau eines Fabrikorschornsteins

Der höchste S. Europas (≈ 300 m) wird im Kraftwerk Lippendorf bei Borna gebaut.

Schot f, ein über eine Talje (Flaschenzug) geführtes Seil zum Anholen (Spannen) eines Segels.

Schott n, eine wasser- oder öldichte oder eine feuerhemmend ausgeführte Quer- oder Längswand im → Schiff. Im allgemeinen sind die aus Stahlblech bestehenden S.e glatt und mit Profilen versteift, in Tankschiffen u. a. häufig mit senkrecht oder waagrecht laufenden Knicken versehen (**Knick-**, **Falt** oder **Wellschott**). In Decks mit Wohnräumen vorgeschriebene **Feuerschotte** sind beidseitig mit feuerhemmendem Stoff verkleidet. Ölführende Schiffsräume werden von Trinkwasserzellen und Wohnräumen durch zwei dicht nebeneinanderstehende S.e getrennt. Den freien Raum dazwischen bezeichnet man als **Kofferdamm**.

Schottelantrieb, → Propeller.

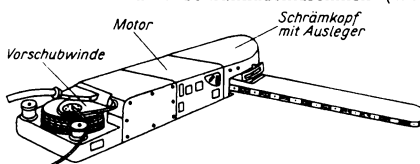
Schotter, 1) Geologie: von fließendem Wasser gebildete grobe Geröllablagerungen.

2) Baustoffkunde: gebrochenes natürliches Gestein (Granit, Quarzporphyr u. a.) oder künstliches Gestein (Hochofenschlacke) der Korngröße zwischen 25 und 80 mm. Es wird in drei Fraktionen (25/35,5 – 35,5/56 – 56/80) unterteilt und im Straßenbau für Tragschichten, im Gleisbau als Bettung verwendet.

Schraffen, → Reliefdarstellung.

Schräglauf, die Erscheinung, daß das Rad eines Fahrzeuges nicht mehr in der Radebene abrollt, sondern unter einem Winkel zu dieser (Schräglaufwinkel), wenn auf das Rad eine Seitenkraft einwirkt. S. entsteht bei Kraftwagen z. B. bei Kurvenfahrt, während der die Zentrifugalkraft des Kraftwagens über die Räder auf die Fahrbahn übertragen wird. Ist der S. an den Vorderrädern größer als an den Hinterrädern, so vergrößert sich der Kurvenradius gegenüber dem durch den Lenkeinschlag gegebenen Radius. Um das Fahrzeug auf die gewünschte Bahn zu bringen, muß der Lenkeinschlag vergrößert werden. Diesen Vorgang nennt man **Untersteuern** (kurvenunwillig). Bei Fahrzeugen, bei denen der Schräglaufwinkel an den Hinterrädern größer ist als an den Vorderrädern (kurvenwillig), tritt eine Verkleinerung des Krümmungsradius, im Grenzfall Ausbrechen der Hinterräder auf (**Übersteuern**). Der Lenkeinschlag muß verringert werden (Gegenlenken).

Schrämen, ein mechanisches Abbaufahrer der Kohle. In das anstehende Gestein wird ein breiter tiefer Schlitz („Schram“) in Richtung der Schichtung eingebracht und die darüberliegende Kohle in großen Stücken durch Sprengschüsse vom Hangenden abgedrückt. Das S. geschieht mit elektrisch oder durch Druckluft angetriebenen **Schrämmaschinen** (Tafel 21), die – meist auf einem Panzerförderer – durch Seil- oder Kettenzug am Kohlenstoß entlanggeführt werden und mit einer mit Hartmetallmeißeln besetzten, um den Ausleger laufenden Schrämkette (Geschwindigkeit bis etwa 2 m/s) einen 90 bis 175 mm hohen und 800 bis 2000 mm tiefen Schlitz in den Kohlenstoß schneiden. **Schrämlademaschinen** (z. B.



Schrämmaschine

die → Kohlenkombi) gewinnen nicht nur die Kohle, sondern laden sie zugleich auf ein Fördermittel. S. wird auch im Salz- und Schieferbergbau angewandt.

Schranke, eine Anlage zur Sicherung von Bahnübergängen, die den Bahnübergang für den Straßenverkehr kurz vor und während einer Zugfahrt sperrt. Bei der am häufigsten anzutreffenden **Vollschranke** wird beiderseits der Eisenbahnstrecke durch je einen Schrankenbaum, der über die Straße in ihrer vollen Breite hinwegreicht, der gesamte Straßenverkehr gesperrt. Die Schrankenbäume sind meist handbedient (mechanisch über Doppeldrahtzugleitung oder elektrisch über Elektromotor) und werden von einem besonderen Schrankenwärter oder einem anderen Betriebs-eisenbahner betätigt. Die moderne **Halbschranke** sperrt jeweils nur die in Fahrtrichtung des Straßenverkehrs rechte Hälfte des Bahnüberganges. Langsame Straßenfahrzeuge, die sich während des Schließens der Halbschranke auf dem Übergang befinden, können somit nicht mehr zwischen den Schrankenbäumen eingeschlossen werden. Auf Bahnübergängen mit Halbschranken darf die in Fahrtrichtung linke Fahrbahnhalfte (Kenntlichmachung durch Trennlinie) nicht benutzt werden. Die Halbschranke ist zugbedient, d. h. sie wird bei Annäherung eines Zuges durch die Bremsen geschlossen. Sie wird zusätzlich mit dem roten Blinklicht der Haltlichtanlage (→ Blinklichtanlagen) ausgestattet, das bei geschlossener Halbschranke blinkt und auch dann blinken würde, wenn die Halbschranke von einer Störung betroffen wäre.

Die **Anrufschranke** ist eine fernbediente, normalerweise geschlossene S., die nur auf Anforderung (durch Klingelzeichen, Telefongespräch oder Gespräch über Wechselsprechanlage) geöffnet wird (mechanisch oder elektrisch), wenn die Zuglage dies zuläßt.

Schränken, → Sägen.

Schraper (nicht zu verwechseln mit Scraper), **Schraperanlage**, **Seilschauler**, eine Anlage zum Fördern von Schüttgut in waagerechter Richtung. Der S. kann aus einem stählernen, rahmenförmigen **Schraperkasten** (Fassungsvermögen 1 bis 5 m³) mit einer meist zahnbesetzten Schneide und einer Winde (Schraperhaspel) bestehen, die den Schraperkasten mit Hilfe von Seilen bewegt. Wird der Kasten mittels des Vollseiles über das Fördergut gezogen, füllt er sich und befördert das Gut zum Endpunkt der Ladung, wo es entweder durch Trichter in bereitstehende Fahrzeuge oder einen Bunker fällt oder der Kasten durch Anheben und Zurückziehen entleert wird. Ein zweites Seil, das Leerseil, bringt den S. wieder in die Ausgangsstellung zurück. Schraperanlagen sind besonders im Bergbau und im Bauwesen (Fördern von Kies, Sand und Ton) gebräuchlich. Große Anlagen mit mehr als 200 m Seillänge werden auch **Schrappförderer** genannt. Im Bauwesen und beim Waggonentladen sind **Handschrapper** mit einer von Hand geführten, bis 0,5 t Fördermenge fassenden Schaufel (**Schrappschaufel**) an Stelle des Schraperkastens verbreitet.

Schraube, 1) ein Maschinenelement aus Stahl, Messing, Leichtmetall u. a. Werkstoffen zur lösbaren Befestigung (mit und ohne Sicherung) oder zur Kraft- bzw. Geschwindigkeitsübertragung. Nach dem Verwendungszweck teilt man die S.n in Befestigungsschrauben und Bewegungsschrauben ein. **Befestigungsschrauben** sind eingängig, selbsthemmend, mit kleinem Steigungswinkel, scharfgängig, meist metrischem Gewinde. Sie werden außer zur festen Verbindung auch für nachstellbare Verbindungen (mit Sicherung) verwendet. **Bewegungsschrauben** sind meist mehrgängig, nicht selbsthemmend, mit großem Steigungswinkel und meist Trapez-, Sägen- oder Rundgewinde. Sie werden außer zur Kraft- und Geschwindigkeitsumsetzung auch zur Erzeugung hoher Drücke verwendet. Drehende Bewegung wird in eine fortschreitende oder in eine andere drehende umgewandelt. Nach der Form des

Kopfes unterscheidet man z. B. Sechskant-, Vierkant-, Zylinder-, Halb- und Senk-, Linsen-, Schloß-, Stiftschrauben (ohne Kopf), weiterhin Halb- und Senkholz-, Linsensenkholz-, Vierkantholz-, Sechskantholzschrauben u. a. Das Gewindeende kann z. B. als Rund- oder Kegelpuppe ausgeführt werden oder hat einen Kernansatz. Außer den verschiedenen Kopfschrauben gibt es noch Anker-, Haken-, Ösen-, Hammer-, Steinschrauben (zur Befestigung von Metallteilen auf Steinen), Stehbolzen (die zu verbindenden Teile liegen nicht dicht aneinander) u. a. **Maschinenschrauben** (zum Verbinden von Metallteilen) haben einen zylindrischen, **Holzschrauben** einen schwach konischen Schaft. Bei Maschinenschrauben ermöglichen **Schraubenmutter** (Mutter) aus Stahl, Bronze u. a. das Verbinden von Teilen bzw. die Befestigung der Verbindung. S.n und Mutter werden „mittel“, „mittelgroß“ und „groß“ ausgeführt. Mutter können als Vierkant-, Sechskant-, Flügel-, Kronen-, Rändel-, Schlitzmutter u. a. gestaltet sein. Zum Anziehen von Mutter mit Schlitzen oder Bohrungen am Umfang werden **Hakenschlüssel** verwendet. Liegt die Mutter auf einer unbearbeiteten Fläche oder auf weichem Werkstoff auf, verwendet man Unterlegscheiben. Die → Schraubensicherungen sollen ein Lösen der Mutter bei Erschütterungen verhindern. Zum Anziehen und Lockern der Mutter bei einer Schraubverbindung dient der → **Schraubenschlüssel** (**Mutterenschlüssel**). Vertieft liegende Mutter werden mit dem **Aufsteckschlüssel** (**Steckschlüssel**) angezogen bzw. gelöst. Selbstspannende Schraubenschlüssel mit beweglichen Backen lassen sich für verschiedene Muttergrößen verwenden. Der **Schraubenzieher**, ein meißelförmiges Werkzeug, dient zum Anziehen und Lösen von Schrauben mit Kopfschlitz. 2) → Propeller.

Schraubenge triebe, ein dreigliedriges Getriebe mit niederen Elementenpaaren, darunter mindestens einem Schraubenpaar (Abb. → Elementenpaar). S. sind z. B. Leitspindel-Drehbank, Schraubenpresse, Schraubstock, Drillbohrer.

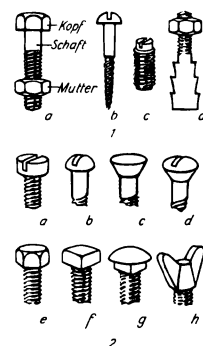
Schraubenlinie, eine Raumkurve. Sie entsteht durch Schraubenbewegung eines Punktes, d. h. durch die Bewegung eines Punktes auf einer zur z-Achse eines rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystems parallelen Geraden, die ihrerseits längs der Peripherie eines in der xy-Ebene (mit dem Nullpunkt als Mittelpunkt) gelegenen Kreises vom Radius a gleitet, wobei die z-Koordinate des sich bewegenden Punktes P stets proportional dem Richtungswinkel φ ist. Ihre Parameterdarstellung lautet

$$x = a \cos \varphi, y = a \sin \varphi, z = b \varphi.$$

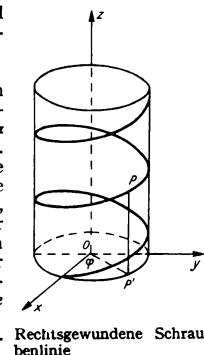
Man kann sich die S. auch durch das Abrollen eines rechtwinkligen Dreiecks auf einem Zylindermantel entstanden denken. Wenn φ von 0 bis 2π wächst, durchläuft die Projektion P' des die S. beschreibenden Punktes in der xy-Ebene gerade einmal den Kreis $x^2 + y^2 = a^2$. Die z-Koordinate des Punktes wächst dabei um $2\pi b$. Diese Größe, d. h. die Strecke, um die der Punkt nach einer vollen Umdrehung verschoben ist, nennt man die **Ganghöhe** der S. Verläuft die Windung einer S. beim Steigen entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn, so handelt es sich um eine **rechtsgewundene** (Abb.), andernfalls um eine **linksgewundene** S.

Eine **Schraubenfläche** entsteht durch Schraubung einer beliebigen Kurve oder Geraden. Derartige Flächen treten als Begrenzungsflächen bei den technischen Schrauben auf.

Schraubenschlüssel, Werkzeuge zum Festziehen, Lösen und Verstellen von Schrauben und Mutter. Man unterscheidet unverstellbare und verstellbare S. 1) Unverstellbare S.: Der **Einfach-** oder **Doppelschraubenschlüssel** wird für offen zugängliche Mutter und Schrauben verwendet, der **Hakenschlüssel** für zugängliche und



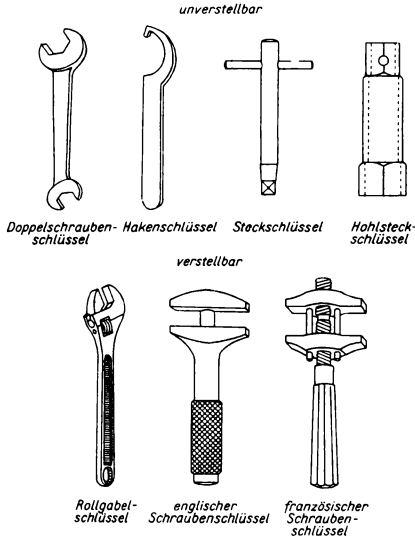
1 Schraubenarten: a Kopfschraube, b Holzschraube, c Gewindestift, d Steinschraube. 2 Kopfformen: a Zylinderkopf, b Halbrundkopf, c Senkkopf, d Linsenkopf, e Sechskantkopf, f Vierkantkopf, g Flachrundkopf, h Flügelkopf



Rechtsgewundene Schraubenlinie

Schraubensicherung

am Umfang mit Schlitz oder Bohrung versehene Muttern. Der gewöhnliche **Steckschlüssel** ist als Drei-, Vier- oder Sechskant ausgebildet, der **Hohlsteckschlüssel** wird über die Mutter gesteckt.



Schraubenschlüssel

2) Verstellbare S. haben zwei gegeneinander verstellbare Backen. Beim **Rollgabelschlüssel** wird die Verstellung durch eine im Kopf des Schlüssels befindliche kordierte Schnecke ermöglicht. Der **englische S.** oder **Engländer**, der zuerst in England aufkam, ist mit einem doppel-seitigen Maul ausgebildet, die Verstellspindel befindet sich im Schaft des S.s. Der **französische S.** oder **Franzose** hat ebenfalls ein doppel-seitiges Maul, die Verstellung erfolgt durch eine im unteren Backen befindliche Schnecke.

Schraubensicherung, ein Maschinenelement zur Sicherung einer Schraubverbindung gegen Loslösen von Schraube und Mutter. Sie S. ist besonders notwendig bei dynamisch beanspruchten oder Erschütterungen ausgesetzten Verbindungen. Die S. kann formschlüssig durch Splint, Stift, Schraube, Sicherungsblech, Legschlüssel u. a. oder kraftschlüssig durch Feder-ring, Federteller, Zahnscheibe, elastische Zwischen- oder Beilagen (oft mit gleichzeitiger Dichtwirkung) oder stoffschlüssig, durch Löten, Verschweißen oder Bestreichen des Gewindes mit Kunstharz erfolgen. Die früher übliche Kontermutter, auch Gegen- oder Doppelmutter genannt, hat sich als nicht unbedingt rüttelsicher erwiesen. Die Kronenmutter ist eine Sechskantmutter für formschlüssige Schraubensicherung mit Hilfe eines Splintes, der durch das Splintloch des Schraubenbolzens und zwei von den meist radial angeordneten Schlitzten der Kronenmutter geschoben und durch Spreizung der Splintenden gegen Herausfallen gesichert wird.

Schraubstock, ein Werkstückspanner zum Festhalten von Werkstücken mittels zweier Spannbacken (Spannmaul), die zu- oder voneinander durch eine flachgängige Schraubspindel bewegt werden. Der **Flaschenschraubstock** (**Zangen-**, **Schmiede-** oder **Bankschraubstock**) wird mit seiner festen Backe über einen Fuß der Werkbank auf deren Platte befestigt. Die lose Backe bewegt sich um einen tiefliegenden Drehpunkt, während sich bei dem neueren **Parallelschraubstock** beide Spannbacken parallel zueinander bewegen. Der S. wird fest auf dem Werkstisch an-

gebracht oder nur während einer bestimmten Arbeit an ihn geschraubt. Parallelschraubstöcke können auch ein dreh- oder schwenkbares Unter-teil haben. Sind sie auf Maschinentischen ange-bracht (Maschinen- und Universalschraubstock), so haben sie ein ebenes Unter-teil. Der **Rohr-schraubstock** zum Spannen von Rohren hat eine senkrecht verstellbare Spindel mit prismatischen Spannbacken.

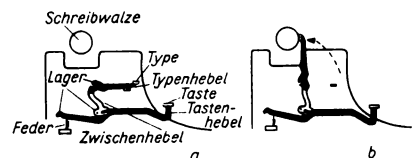
Schraubverbindung, eine lösbare Verbindung zwischen beliebigen Teilen. Durch Drehen der Mutter auf der Schraube bewegt sich diese in axialer Richtung, wodurch die zu verbindenden Teile zusammengespannt werden. Hochwertige S.en erfordern oft bestimmte Spannkraften, die durch Messung des Anzugsdrehmomentes (Drehmomentenschlüssel) erreicht werden können. Bei dynamisch belasteten S.en wendet man wegen der höheren Dauerfestigkeit Dehnschrauben (Schaft geschwächt) oder Dehnmutter an. Sind Erschütterungen vorhanden, so müssen die Mut-tern gegen selbsttätiges Lösen gesichert sein (→ Schraubensicherung). Durch einfache Montage und Massenherstellung der standardisierten Schrauben, Muttern und Sicherungselemente wird diese Verbindung billig in der Herstellung.

Schraubzwinge, ein schraubstockähnliches, aber ortsbewegliches Werkzeug zum Zusammenpressen von Werkstücken, die verbunden werden sollen, z. B. von zu verleimenden Holzteilen, zu verschweißenden Stahlblechen u. a. Bei Steglängen von mehr als 50 cm spricht man von einem **Schraubknecht**.

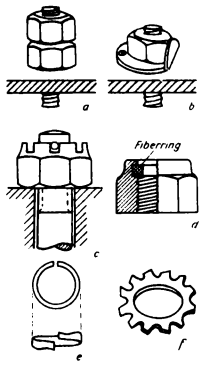
Schreibmaschine, eine Büromaschine zum gleichmäßigen Schreiben durch Betätigen eines Hebelmechanismus, der vorgeformte Schrift-zeichen (**Typen**) über ein Farbband auf das zu beschriftende Papier schlägt. Bei Bedarf können zugleich mittels Kohle- oder Durchschreibepapier Durchschriften (Kopien) angefertigt werden.

Nach den Abmessungen und den dadurch be-dingten Besonderheiten des Aufbaus und der Ausstattung unterscheidet man 1) **Büroschreib-maschinen** (auch als **Standard-** oder **Großschreib-maschinen** bezeichnet) als bestausgerüstete, hochleistungsfähige S.n mit zahlreichen arbeits-erleichternden Sondereinrichtungen; 2) **Klein-schreibmaschinen**, die etwa 90 bis 150 mm hoch sind. Sie werden meist für private Zwecke ein-gesetzt und sind in einem Koffer transportabel; 3) **Reiseschreibmaschinen**, die etwa 55 bis 90 mm hoch, einfach ausgestattet und infolge sehr ge-ringer Masse leicht transportabel sind.

Nach der Konstruktion des Druckmechanismus unterscheidet man Typenhebel-, Typenwalzen-, Typenstangen- und Schreibkopfm-schinen. Am gebräuchlichsten ist die **Typenhebelmaschine**. Bei dieser enthält ein Gestell das **Tastenfeld** (Tasta-tur), das gewöhnlich als Kreissegment ausgebil-dete **Typenhebellager** mit den den einzelnen Buch-staben, Ziffern und Zeichen entsprechenden Typen-hebeln, einen hin- und herbeweglichen **Schlitzen** (meist auswechselbarer **Wagen** von 240 bis 620 mm Länge, gebräuchlichste Länge 240 oder 320 mm) mit einer **Walze** aus Hartgummi, um die das zu beschreibende Papier gespannt wird, sowie ein auf zwei Spulen gewickeltes, vor der Walze angeordnetes **Farbband** aus Seide, Baum-wolle, Chemiefaser oder Papier mit Kohle-



Wirkungsweise einer Typenhebelmaschine:
a Ruhestellung, b Schreibstellung



Schraubensicherungen:
a Gegenmutter, b Sicherungsblech, c Kronenmutter, d Elastic-Stop-Mutter, e Federring, f Zahnscheibe

schichtauflage. Beim Niederdrücken (Anschlagen) einer Taste, die meist aus einem Plast gepreßt und deren Oberfläche schaufelförmig den Fingerkuppen angepaßt ist, wirkt der Tastenhebel über Zwischenglieder auf einen Zwischenhebel und damit auf den zugehörigen Typenhebel. Dieser schwingt nach oben und drückt mit dem an seinem Kopf befindlichen erhabenen Schriftzeichen das gehobene Farbband gegen das Papier. Gleichzeitig wird der Wagen unter dem Zug einer Feder im Zusammenwirken mit einem vom Typenhebel betätigten Schrittschaltwerk (Schalt-schloß) um eine Buchstabenbreite (je nach Schriftart 1,3 bis 4 mm; meist Perlschrift 2,25 oder Pica-Schrift 2,5 mm) nach links bewegt und die Farbbandspule eine Teilung weitergedreht. Für Schablonen für Vervielfältiger, die von den Typen durchschlägen werden müssen, ist die Farbbandbewegung abschaltbar. Um mit wenig Tasten auszukommen, trägt jeder Typenhebel je ein Paar zusammengehörende Groß- und Kleinbuchstaben, eine Ziffer und ein Zeichen oder dgl. Beim gewöhnlichen Anschlag drücken die kleinen Buchstaben, beim gleichzeitigen Bedienen des Umschalters, wodurch der ganze Wagen samt Walze gehoben wird (Schreibwalzenumschaltung), die großen Buchstaben. Verschiedene Modelle haben Segmentumschaltung, d. h., es wird nicht der Wagen gehoben, sondern das Typenhebellager (Segment) durch Drücken des Umschalters gesenkt. Um Höchstleistungen in Schreibschnelligkeit und eine geeignete Durchschlagkraft bei vielen benötigten Durchschlägen zu erzielen, sind verschiedene Typenhebellantriebe entwickelt worden. Die Anordnung der Typen und damit der Tasten, auf denen die jeweils zugehörigen Buchstaben und Zeichen angegeben sind, ist für jede Sprache international vereinbart. Außerdem sind Tastaturen möglich, die bestimmten Fachgebieten zugeordnet oder individuellen Bedürfnissen angepaßt sind.

Der Wortabstand wird durch Bedienen der *Leertaste* bewirkt, wodurch der Wagen um eine Buchstabenbreite leer (ohne Typenanschlag) weiterschaltet. Das Zurückführen des Wagens nach rechts geschieht mittels eines seitlichen Hebels, wobei auch die Sperrung der Walze gelöst wird. Dieser Hebel kann mit der Einrichtung zum Drehen der Walze, und zwar je nach Einstellung um einen oder mehrere Zeilenabstände (Zeilenabstand genormt auf 4,25 mm), zum *Zeilen-schalter* vereinigt sein. Bei Eindringen des Walzensteckknopfes läßt sich die Walze mit dem Papier gegenüber dem Zeilenschalttrahnen verdrehen. Die *Randsteller* dienen zum Einstellen des Zeilenrandes; kurz vor Zeilenende ertönt eine Signallöcke. Mit dem *Randauslöser* kann die Zeilenbegrenzung ausgelöst werden. Durch Bedienen der *Rücktaste* wird der Wagen um eine Buchstabenbreite zurückbewegt. Standardschreibmaschinen haben Papiereinwerfer, der das Papier sofort auf den nach Norm üblichen Briefanfang transportiert, ferner Bogenendanzeiger, Typenhebelentwirrer, Sperrschrifteinsteller zum Einstellen doppelten Buchstabenabstandes ohne Betätigung der Leertaste, Anschlagregler zum Einstellen des Anschlages auf die Anzahl der Durchschläge, Randausgleich (durch verschieden breit schaltende Leertasten oder automatisch nach Einstellen der nach Konzept ausgleichenden Stellenzahl jeder Zeile). Weitere Vorrichtungen sind Farbbandeinsteller für verschiedene Farben, Wagenlöser, Papierlöser, Zeilenrichter, Vorsteckeinrichtung für Kontokarten. Mit dem *Tabulator* läßt sich der Wagen ohne Betätigung der Leertaste oder des Wagenlösers selbsttätig an den jeweiligen Anfang einer Spalte bringen; er wird beim Schreiben von Tabellen verwendet. Beim Stecktabulator werden von Hand, beim Setztabulator durch Tastendruck an den gewünschten Stellen Reiter ge-

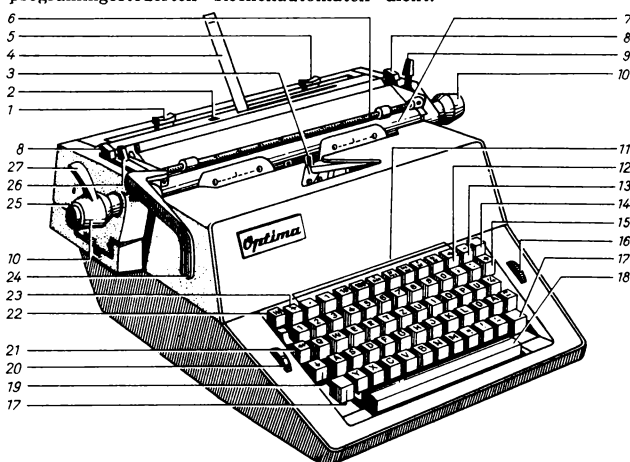
setzt, an die beim Drücken der Tabulatortaste ein ausschwenkbarer Anschlag des gleichzeitig ausgelösten Wagens fährt. Beim Dezimaltabulator bleibt der Wagen bei Druck auf die entsprechende Dezimaltaste ein bis zehn Stellen vor dem gesetzten Anschlag stehen, so daß mehrstellige Zahlen fortlaufend geschrieben werden können.

Bei *elektrisch angetriebenen S.n* treibt ein ständig laufender Motor, der auch Wagenbewegung, Zeilenschaltung und Segmentumschaltung übernimmt, eine Zahnwelle oder Reibwalze an. Mit dieser wird bei leichtem Niederdrücken der Tasten um nur etwa 5 mm der Typenhebelmechanismus gekuppelt und die Type mit gleichbleibender, je nach Anzahl der Durchschläge vorher einstellbarer Kraft angeschlagen.

In der letzten Zeit hat sich bei elektrisch angetriebenen Standard-S.n immer mehr die *Schreibkopfmachine* durchgesetzt. Alle Typen sind auf einem leicht austauschbaren, kugelförmigen Schreibkopf angeordnet, der sich bei Bedienung der Tastatur rotierend und schwenkend zur Abdruckstellung bewegt und dort hammerartig auf das Farbband vor dem Druckträger schlägt. Typenhebel, Segment und beweglicher Wagen werden überflüssig, die drehbare Schreibwalze ist fest eingebaut. Das Schreiben wird dadurch beschleunigt, die entstehenden Geräusche vermindert.

Sonderformen. Buch- und Flachplattenschreibmaschinen dienen zum Schreiben in gebundene Bücher und auf ebene Flächen (z. B. technische Zeichnungen). **Geräuscharme S.n** sind entweder Schreibmaschinen als Normalausführung in einer schalldämmenden Haube mit Sichtfenster oder haben Sondergetriebe, durch die ein geräuscharmes Anpressen der Type auf den Druckträger erreicht wird. **Blindenschreibmaschinen** schlagen erhabene, mit den Fingern fühlbare Punkte (Blindenschrift) in das Papier. Die *Stenographieschreibmaschine* gibt das Schriftbild vereinfacht wieder. Die *Notenschreibmaschine* ermöglicht das maschinelle Schreiben von Noten.

Bei angeschlossenem Streifenlocher kann der geschriebene Text in einen Lochstreifen übernommen werden, der dann der maschinellen Dateneingabe in Fernschreiber, Schreibautomaten oder programmgesteuerten Rechenautomaten dient.



Schreibmaschine Optima M 16. 1 Anfangsrandsteller, 2 Auslösehebel für Papierstütze, 3 Farbbandgabel mit Typenführung, 4 Papierstütze mit Blatt-Endanzeiger, 5 Schlußrandsteller, 6 Papierhalter mit Gradscale, 7 Schreibwalze, 8 Wagenlöser, 9 Papierlöser, 10 Walzendrehknöpfe, 11 Tabuliereinrichtung mit neunstelligen Hafttabulator, 12 Durchlaufaste, 13 Einzeilöcher, 14 Typenhebelentwirrer, 15 Rücktaste, 16 Farbbandeinstellung, 17 Umschalter, 18 Leertaste, 19 Umschaltfeststeller, 20 Anschlagregler, 21 Randauslöser, 22 Sperrschrifteinsteller, 23 Tabulatorsetzer, 24 Zeilenschalter, 25 Walzensteckknopf, 26 Zeileinsteller, 27 Walzenlöser

Programmierbare Schreib- oder Organisationsautomaten ermöglichen das Lochen von Lochstreifen und das vielfache Schreiben konstanter, in Lochstreifen gespeicherter Texte, die teilweise auch verändert werden können (z. B. durch Anschrift, Anrede, Ergänzungen oder Kürzungen des Stammtextes).

Weitere Sonderformen sind **Paßschreibmaschinen**, **Scheckschuttschriftmaschinen**, S.n für wissenschaftliche Texte (mehreren Schreibmaschinen ist ein gemeinsamer Wagen aufgesetzt, mit dem dadurch die mehrfache Kapazität verschiedenartiger Zeichen geschrieben werden kann), **Kinderschreibmaschinen** (statt Tastatur eine Zeigereinstellung) u. a.

Lit. Ulbrich: Kleine Entwicklungsgeschichte der S. (Leipzig 1953); Büroorganisation und Bürotechnik (Berlin 1987); Ztschr. Neue Technik im Büro (Berlin).

Schriftarten, die nach Buchstabenform unterschiedenen Druckschriften. Die Hauptformen sind nach TGL 10-020 1) **runde Schriften**: Renaissance-Antiqua, z. B. Garamond-Antiqua; Klassizistische Antiqua, z. B. Bodoni-Antiqua; Serifenbetonte Linear-Antiqua (Egyptienne), z. B. **Technotype**; Serifenlose Linear-Antiqua (Grotesk), z. B. Gill-Grotesk; 2) **gebrochene Schriften**, z. B. **Gothisch**, **Schwabacher**, **Fraktur**; 3) **fremde Schriften**, z. B. Griechisch, Kyrrillisch. Nach der Anwendung unterscheidet man **Werkschriften** (6 bis 12 p), **Auszeichnungsschriften** (halbfette, **fette** und **kursive** Schriften), **Plakatschriften** (über 8 c).

Lit. Kapr: Deutsche Schriftkunst (Dresden 1955); TGL 10-020.

Schriftgießen, das Herstellen von → Lettern für den Handsatz. Vom Schriftentwurf wird für jeden Buchstaben entweder durch Handarbeit oder auf der Graviermaschine ein Stahlstempel (**Matrize**) hergestellt, der das Buchstabenbild erhaben zeigt. Dann wird der Stahlstempel gehärtet und in ein prismatisches Kupferstück abgeprägt. Die so erhaltene Gießform (**Matrize**) zeigt das Buchstabenbild vertieft. Sie wird in die Gießmaschine gespannt und so oft mit Blei abgegossen, wie Lettern von dem betreffenden Buchstaben gebraucht werden. Bei einem neuen Verfahren wird das Buchstabenbild von Hand oder mit Hilfe einer Matrizenbohrmaschine erhaben in einen allseitig rechtwinkligen Zeugschloß eingearbeitet (Zeugschnitt, Zeugschriftmetall). Davon wird auf galvanischem Wege eine Abformung (Auge) gewonnen, die, mit Zink hintergossen und justiert, die Matrize ergibt. Schließlich kann die Matrize auf der Matrizenbohrmaschine direkt hergestellt werden.

Schriftgrad, die in → typographischen Punkten angegebene Kegelgröße einer Druckschrift. Die Bezeichnung der S.e mit Namen ist veraltet. Es entsprechen

Punkt	Name
4	Diamant
5	Perl
6	Nonpareille
7	Kolonel
8	Petit
9	Borgis
10	Korpus
12	Cicero
14	Mittel
16	Tertia
20	Text

Größere S.e werden in → Cicero ausgedrückt (2c, 3c, 4c usw.).

Schriftmetall, Sammelbezeichnung für Legierungen auf Blei-Antimon-Zinn-Basis, die hauptsächlich in der Druckerei Anwendung finden, z. B. → Letternmetall und → Stereometall.

Schrittwerk, ein → Sperrgetriebe.

Schrödinger-Gleichung, das 1927 von E. Schrödinger angegebene Hauptaxiom der Wellenmechanik. Mit Hilfe der S.-G. lassen sich Eigenschaften von Mikroteilchen (Atomen, Molekülen) erfassen. Die S.-G. ist in allgemeiner Form eine partielle Differentialgleichung und liefert als solche nach Vorgabe von Rand- und Eindeutigkeitsbedingungen in gewissen Bereichen Lösungen nur für diskrete Werte eines in ihr enthaltenen Parameters, der die Energieeigenwerte des Problems darstellt. Diese Energieeigenwerte sind identisch mit den Energien, die das untersuchte Teilchen besitzen kann. Die Lösungen der S.-G. für bestimmte Eigenwerte heißen **Eigenfunktionen**, deren Quadrat an einer bestimmten Stelle des Raumes als Maß für die Wahrscheinlichkeit, das untersuchte Teilchen an dieser Stelle anzutreffen, interpretiert wird.

Wegen mathematischer Schwierigkeiten lassen sich exakte Lösungen der S.-G. nur in wenigen Fällen angeben, z. B. beim Wasserstoffatom, wobei der Spin nicht berücksichtigt wird. Finden Wechselwirkungen zwischen mehreren sich anziehenden und abstoßenden Zentren statt, wie sie bei schwereren Atomen und allen Molekülen auftreten, ist man auf Näherungslösungen angewiesen. Die Behandlung der S.-G. für diese Fälle ist die wesentliche Aufgabe der Quantenchemie.

Schrot, Bezeichnung für die Bleikugeln der Flintenpatronen. Eine Patrone mit S.en von 2½ mm Durchmesser enthält etwa 300 Bleikugeln.

Schrotoeffekt, die statistische Schwankung des Elektronenstroms im Vakuum. Der S. ist eine der Ursachen des Rauschens am Empfängeranfang. Speziell bei Elektronenröhren ist der Elektronenaustritt aus der Katode den statistischen Schwankungen unterworfen.

Schrott, durch mechanische, atmosphärische oder andere Einwirkungen unbrauchbar gewordene Metallgegenstände oder -abfälle. **Neuschrott** (Umlauf-, Fabrikationsschrott) fällt von Schmiede-, Stanz-, Zieh-, Walzabfällen u. dgl. oder bei metallurgischen Prozessen an (z. B. **Gußschrott** bei der Erzeugung von Gußeisen). Dieser S. ist in seiner stofflichen Zusammensetzung genau bekannt und kann in Halbzeugwerken oder Gießereien wieder eingeschmolzen werden. **Altschrott** (**Altmittel**, **Sammelschrott**) besteht aus unbrauchbar gewordenen metallischen Gegenständen (Maschinen- und Apparateile, unreine Metallspäne u. a.); er muß durch besondere Verfahren, z. B. durch Seigern, Verblasen, Füllen und Elektrolyse, aufgearbeitet werden.

Bei der → Stahlerzeugung wird in größerem Umfang S. eingesetzt (**Stahlschrott**).

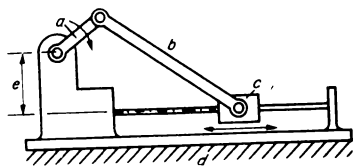
Schrumpverbindung, die kraftschlüssige Verbindung zweier Teile durch Auf- oder Einschrumpfen (→ Fügen). Beim **Aufschrumpfen** wird das äußere Teil im Öl- oder Dampfbad erwärmt und im erwärmten Zustand über das Innenteil geschoben; es schrumpft beim Erkalten auf dieses auf, wenn bei Raumtemperaturen der Innendurchmesser des Außenteiles kleiner ist als der Außendurchmesser des Innenteiles. So werden z. B. Radreifen für Räder von Schienenfahrzeugen aufgeschrumpft. Von **Einschrumpfen** spricht man, wenn das Innenteil, mit Trockeneis (bis etwa -80 °C) oder in flüssiger Luft (bis etwa -200 °C) unterkühlt, in das Außenteil eingesetzt wird. Beim Erwärmen auf Raumtemperatur dehnt sich das Innenteil aus und ergibt eine kraftschlüssige Verbindung, wenn bei Raumtemperaturen der Außendurchmesser des Innenteiles größer als der Innendurchmesser des Außenteiles ist. Auf- und Ein-

schrumpfen können auch kombiniert durchgeführt werden.

Schruppen, das grobe Vorarbeiten nach Verfahren der spanenden Formung zur Erzeugung der Oberflächengüte eines Werkstückes (im Gegensatz zum → Schlichten). Beim S. wird mit **Schruppmeißeln** gearbeitet, und zwar mit großem Vorschub und geringer Schnittgeschwindigkeit als beim Schlichten. Die möglichen großen Zerspanungsleistungen (Spanvolumen je Minute) erfordern starre Werkzeugmaschinen mit großer Antriebsleistung.

Schub, 1) die Vortriebskraft, die von einem → Strahltriebwerk erzeugt wird. 2) → Scherung.

Schubkurbel, ein aus der Schubkurbelkette (→ Viergelenkkette) abgeleitetes → Kurbelgetriebe mit drei Rundlingspaaren und einem Schiebepaar (→ Elementenpaar). Bei umlaufender Kurbel a (Abb.) führt der Gleitstein c (Schieber) eine hin- und hergehende Bewegung aus. Kurbel und Gleitstein sind beweglich im Gestell d gelagert und durch die Koppel b miteinander verbunden (umlaufende S.). Ist der Gleitstein c fest und bewegt sich das Glied d, liegt eine **schwingende S.** (Schubschwinde) vor. Bei einer **zentrischen S.** geht die Bewegungsrichtung des Gleitsteines durch den Lagerpunkt der Kurbel im Gestell (→ Getriebe), andernfalls spricht man von einer **exzentrischen S.** Durch spezielle Gliedabmessungen (z. B. Kurbellänge a gleich Koppellänge b) ergibt sich die **gleichschenklige S.**, die eine Hilfsverzahnung (→ Momentanpol) verlangt. S.n mit geradliniger Gleitsteinführung nennt man



Exzentrische Schubkurbel. a Kurbel, b Koppel, c Gleitstein (Schieber), d Gestell, e Exzentrizität

auch **Geradschubkurbeln** und S.n, bei denen der Gleitstein auf einer Kreisbogenführung wandert, **Bogenschubkurbeln**. Die Gleitsteinbewegung der Bogenschubkurbel entspricht der Schwingbewegung der Kurbelschwinge.

S.n werden z. B. bei Exzentrpressen, Pumpen und Tischführungen an Werkzeugmaschinen verwendet.

Schubschiffahrt (Tafel 13), eine moderne Methode der Binnenlastschiffahrt. Dabei schiebt ein maschinell angetriebenes **Schubschiff** (meist Motorschiff) mit einem entsprechend gestalteten Bug (Schubschulter) zwei oder auch mehr hintereinander- oder nebeneinandergesetzte ungedeckte oder gedeckte **Schubprahme** (Schubleichter). Schubschiff und Schubprahme werden als **Schubverband** bezeichnet. Die relativ starre Verbindung der Fahrzeuge geschieht durch Seile (über Deckspoller und mittels Spannschrauben) oder durch automatische oder halbautomatische Kupplungen. Die Vorteile der S. im Vergleich zu den bisher üblichen Schleppzügen sind die größere Tragfähigkeit der Lastschiffe bei geringeren Baukosten, der geringere Gesamtwiderstand und damit zusammenhängend eine größere Geschwindigkeit und eine geringere Besatzungsstärke (die Prahme haben keine Besatzung); ferner können die Schubschiffe während des Bedienungsladens der Prahme anderweitig verwendet werden.

Die S. wird seit einigen Jahren auch in der DDR auf Flüssen und Kanälen angewandt. Auf den großen Strömen der UdSSR und der USA befinden sich Schubverbände von 12 und mehr Prahmen im Einsatz.

Schubschleife, ein viergliedriges, aus der Schubschleifenkette (→ Viergelenkkette) entwickeltes → Kurbelgetriebe, das zwei Drehgelenke und zwei gegenüberliegende Schubgelenke (→ Elementenpaar) aufweist. Man unterscheidet zwischen **zentrischer**, **einfach geschränkter** und **doppelt geschränkter S.** Bei der zentrischen S. ist nur die Exzentrizität e_2 vorhanden, während bei der einfach geschränkten S. nur die Exzentrizität e_1 auftritt. Die doppelt geschränkte S. weist beide Exzentrizitäten (e_1 und e_2) auf.

Schubschwinde, → Schubkurbel.

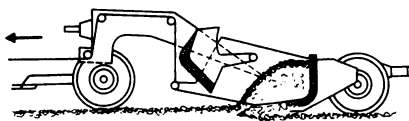
Schubstange, svw. → Pleuelstange.

Schukostecker, → Steckdose.

Schummerung, → Reliefdarstellung.

Schürfen, das Aufsuchen von Lagerstätten durch Niederbringen von Bohrlöchern und Anlegen von Schürfgräben, -stollen und -schächten.

Schürfkübelwagen, **Scraper** (nicht zu verwechseln mit Schrapper), eine Erdbaumaschine zum oberflächlichen Abtragen von Erdreich, ein Flachbagger. S. werden als ein- oder zweischichtige luftbefeigte Schlepperanhängfahrzeuge (An-



Anhängerscraper in Arbeitsstellung

hängerscraper) oder als Sattelfahrzeuge (**Motor-scraper**, **Motorschürfwagen**) gebaut, seltener sind sie mit Gleisketten (Raupeketten) versehen (**Schürfkübelraupe**). Das Gut wird im Fahren von dem 2 bis 3,5 m³ fassenden Stahlkübel aufgenommen, indem es durch eine teilweise mit Zähnen besetzte Schneide abgespannt wird. Durch Anheben des Kübels (hydraulisch oder mittels Seilzug, 20 bis 50 m über Planum) wird die Transportstellung erreicht. Das Entladen geschieht ebenfalls im Fahren durch Wiederabsenken und Öffnen des Kübels.

Schurre, eine an Fördermitteln (Stetigförderern) angebrachte Leiteinrichtung für den Fördergutstrom. **Aufgabeschurren** bestehen aus Blech- oder Holzkästen, die nach vorn und unten offen sind. Sie verhindern an der Aufgabestelle z. B. von Gurtbandförderern das Herabfallen des Fördergutes. **Leitschurren** werden seitlich an den Stetigförderern angebracht. Die **Verladeschurren** leiten den Fördergutstrom an der Abgabestelle in die gewünschte Richtung. **Hosenschurren** haben die Form einer Hose, sie teilen den Fördergutstrom in zwei Richtungen. S.n können mit Wendeklappen oder Doppelwendeklappen versehen sein, durch die der Fördergutstrom in die eine oder die andere Richtung geleitet wird.

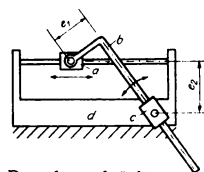
Schuß, → Gewebe.

Schußwaffen, → Feuerwaffen, → Luftdruckwaffen.

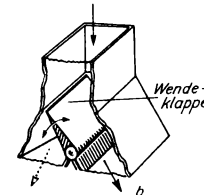
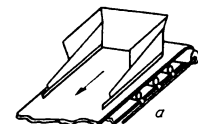
Schüttbauweise, eine Bauweise für Wände und Decken. Bei ihr werden ungeformte Baustoffe, d. h. frischer Beton (mit Ziegelsplitt, Bims, Blähton u. dgl. als Zuschlagstoff) oder Lehm, unmittelbar auf der Baustelle zwischen oder auf Schalungen geschüttet und mit Rüttel- oder Stampfgeräten verdichtet.

Schüttelrutsche, ein → Schwingförderer.

Schütz n, 1) Wasserbau: bei Wehren, Schleusen, Wasserkraftanlagen u. a. eine Verschlusvorrichtung zur Regelung des Durchflusses. Gewöhnlich versteht man unter S. einen ebenen, plattenförmigen Verschuß; der Begriff wird jedoch oft auch für andersgeformte Verschlüsse angewendet. Das **Gleitschütz** (**Falle**) als einfachstes S. besteht aus einer Holz- oder Stahltafel, die mittels Winde in senkrechter Richtung in Nuten, bei Wehren in Nischen bewegt wird und



Doppelt geschränkte Schubschleife. a Antriebsglied, b Koppel, c Abtriebsglied, d Gestell, e_1 und e_2 Exzentrizitäten



Schurre: a Aufgabeschurre, b Verladeschurre mit Wendeklappe

sich in abgesenktem Zustand auf eine Dichtungsschwelle absetzt. Beim **Rollschütz** (Stonyschütz) wird ein Rollwagen fest mit dem S. verbunden, oder man vereinigt eine Anzahl von Rollen, die durch seitliche Laschen am S. befestigt werden, zu einem Rollenzug, der sich zwischen Schütztafel und Laufschiene in der Nische bewegt. Die besonders bei großen Stauhöhen angewendeten **Doppelschütze** bestehen aus dem Oberschütz (Oberfalle), das auf dem Unterschütz (Unterfalle) gleitet und sich noch durch Rollen auf eine Gleitschiene in der Nische abstützt. Beim **Rollkeilschütz**, z. B. für Schiffschleusen, wird der Wasserdruck durch Rollen aufgenommen, während die Dichtung in der Schlußstellung durch Hineinpressen des keilförmigen Ses in den Dichtungsrahmen erfolgt. Das z. B. zum Verschuß der Ein- oder Ausläufe von Sparbecken dienende **Rohr- oder Zylinderschütz** besteht aus einem oben und unten offenen Stahlblechrohr, das über den Oberwasserspiegel hinausragt und sich in der Schlußstellung mit einem Dichtungsring auf den Rand des Ein- oder Auslaufes setzt. Das **Glockenzylinderschütz**, ein geschlossenes Zylinderschütz, wird vom Wasser überdeckt.

2) **Starkstromtechnik**: → Schalter.

Schützen m, → Webschützen.

Schützenpanzerwagen, abg. **SPW**, ein leicht gepanzertes Fahrzeug mit hoher Geländegängigkeit. Der S. wird für die Gefechtsführung und den Transport von Mot.-Schützen eingesetzt, aber auch zur Aufklärung, als bewegliches Nachrichtsmittel, als Führungsfahrzeug und als Spezialfahrzeug der Pioniertruppen und der Truppen des Chemischen Dienstes. Moderne S. sind meist als Räderfahrzeuge (zwei- oder dreiaxsig mit Niederdruckreifen), seltener als Halbgleis- oder Vollgleiskettenfahrzeuge ausgeführt und oft schwimmfähig (**Schwimm-S.**, → Schwimffahrzeug). Der Antrieb erfolgt oft durch einen Verbrennungsmotor (meist Ottomotor). Die Bewaffnung besteht aus 1 bis 2 Maschinengewehren (Fla-MG bzw. IMG oder sMG) oder einer Maschinenkanone.

Das Fahrzeug schützt die Besatzung vor MG-Feuer und Granatsplittern und mindert je nach Stärke der Panzerung und der Form des S.s (offen oder abgedeckt) die Einwirkung von Kernstrahlung.

Schutzschalter, → Schalter.

Schutzschichtbildung, die Bildung einer kalziumkarbonathaltigen Schicht in Wasserrohrnetzen, die gegen Korrosion schützt. Sie erfolgt, wenn das geförderte, im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht befindliche Wasser eine Mindestkarbonathärte (→ Härte) von 2 °dH und einen Sauerstoffgehalt von mehr als 6 mg/l besitzt. In besonders korrosionsgefährdeten Rohrnetzen wird durch künstlichen Zusatz bestimmter Phosphate und Silikate eine Schutzschicht gebildet, die Korrosionsschäden, wie Lochfraß, weitgehend ausschaltet.

Schützsteuerung, → Schalter.

Schwabacher, → Schriftarten.

Schwabbeln, → Polieren.

Schwachgas, → Brenngase.

Schwachstromtechnik, → Elektrotechnik.

Schwadmäher, ein Erntebearbeitungsgerät, das Halmdrühte u. a. abmäht und zu einem Schwad zusammenlegt. S. werden als Anbau-, Anhänge- und selbstfahrende Maschinen mit großen Arbeitsbreiten gebaut. Bei Anbau- und Anhängeschwadmähern erfolgt der Antrieb über die Zapfwelle des Traktors. Die Arbeitsweise ist im wesentlichen bei allen S.n die gleiche. Ein → Mähwerk (mit Haspel) mäh das Gut in einer bestimmten Höhe ab und legt es auf einen Förderplan. Dieser kann links- oder rechtsablegend arbeiten oder gegenläufig das Erntegut durch eine Öffnung auf die Stoppeln ablegen.

Schwalbenschwanz, ein an einem Werkstück angearbeitetes trapezförmiges Verbindungselement. In der Holzbearbeitung wendet man z. B. die **Schwalbenschwanzzinkung** beim Zusammenfügen von Brettern und die **Schwalbenschwanzüberblattung** beim Zusammenfügen von Balken an (Abb. → Holzverbindungen). Ferner dient der S. z. B. als Führung für Werkzeugschlitten auf Werkzeugmaschinen.

Schwall, die fortschreitende Hebung des Wasserspiegels in einem offenen Gerinne, hervorgerufen durch plötzliche Vermehrung des Zuflusses im Oberlauf oder durch plötzliche Verminderung des Abflusses im Unterlauf.

Schwarzdeckenfertiger, eine Straßenbaumaschine, → Straße, Abschn. III 1a.

schwarzer Körper, **schwarzer Strahler**, ein Körper, der die gesamte auffallende Strahlung absorbiert. Er erscheint dem Auge schwarz. In der Natur gibt es keinen idealen schwarzen Körper; er läßt sich aber nahezu verwirklichen durch einen Hohlraum mit strahlungsundurchlässiger, auf konstanter Temperatur T gehaltener Wandung und kleiner Öffnung. Die durch dieses Loch einfallende Strahlung wird von den Innenwänden des Hohlraumes reflektiert und nach wenigen Reflexionen fast vollständig absorbiert. Diese Öffnung wirkt infolgedessen nach außen wie eine vollkommen schwarze Fläche von der Temperatur T . Beispiel: Eine kleine Öffnung in einem außen berußten Kasten erscheint tiefer schwarz als die benachbarte Rußschicht. Besondere Bedeutung hat der schwarze K. für die Strahlungsmessung, da er das maximale Emissionsvermögen besitzt, das irgendein Körper erreichen kann (→ Strahlungsgesetze). Die Strahlung des schwarzen K.s heißt **schwarze Strahlung** oder **Hohlraumstrahlung**. Als Oberfläche des schwarzen K.s ist der Querschnitt der Öffnung zu verstehen.

Die Farbe der von einem glühenden Körper ausgesandten Strahlung hängt von der Temperatur ab. Ein Körper, dessen Energieverteilungskurve (Energie in Abhängigkeit von der Wellenlänge) um einen konstanten Faktor kleiner ist als die des schwarzen K.s, heißt **grauer Strahler** (→ Farbtemperatur).

Schwarzoxydieren, svw. → Brünieren.

Schwarzpulver, ein Sprengstoffgemisch, das aus Kaliumnitrat KNO_3 , Holzkohle und Schwefel mit dem durchschnittlichen Mischungsverhältnis 75:15:10 besteht. S. ist der älteste Explosivstoff und diente ursprünglich als Schießpulver, später auch als Sprengstoff. Es ist jedoch heute fast völlig durch die rauchschwachen Pulver und die modernen Sprengstoffe (→ Explosivstoffe) ersetzt, da S. infolge seiner geringen Umsetzungsgeschwindigkeit (es verbrennt mit 400 bis 500 m s⁻¹) nur geringe Leistung hat. S. ist äußerst empfindlich gegen Funken- und Flammzündung. Grobkörniges S. wird als milder Sprengstoff (**Sprengpulver**) zur Gewinnung wertvoller Werksteine in Steinbrüchen, feinkörniges S. zur Füllung von Pulverzündschnüren benutzt. In größerem Umfang verwendet man S. in der Pyrotechnik.

Schwärzung, **photographische S.**, die Erscheinung, daß photographische Schichten durch auffallendes Licht so verändert werden, daß die vom Licht getroffenen Stellen nach der Entwicklung geschwärzt erscheinen. Die S. wird ausgedrückt durch das Verhältnis I_0/I , wobei I_0 die Intensität des auffallenden und I die Intensität des durchgehenden Lichts bei der Messung der S. bedeutet. Die S. hängt von der chemischen Zusammensetzung der lichtempfindlichen Photoschicht, von der Art und Dauer der Einwirkung des photographischen Entwicklers sowie von dessen Temperatur ab (jetzt meist 18 bis 20 °C). Bei Negativen spielt die Farbe des entstehenden

Silberbildes kaum eine Rolle, wohl aber bei Positiven, bei denen man verschiedene Tönungen durch spezielle Entwicklung allein erzielen kann.

Die S. wird dargestellt durch die **Schwärzungskurve** (**Gradationskurve**), die die Abhängigkeit der S. vom Logarithmus der Belichtung ($\lg I/t$, neuerdings $\lg H$) wiedergibt und die einen S-förmigen Verlauf mit einem mehr oder minder geradlinigen mittleren Teil zeigt. Bei sehr langen oder auch bei sehr intensiven Belichtungen wird die Schwärzungskurve flacher und kann schließlich umbiegen, so daß mit zunehmender Belichtung die S. wieder geringer wird (\rightarrow Solarisation). Den für die Erzeugung eines Bildes ausnutzbaren Teil der Schwärzungskurve bezeichnet man als Belichtungsumfang (er kann in $\lg I/t$ -Einheiten angegeben werden); er ist vor allem von der Art der Schicht abhängig. Die Steilheit der Schwärzungskurve, die angegeben wird als Tangens des Neigungswinkels des geradlinigen Teils und die man als γ -Wert oder \rightarrow Gradation bezeichnet, hängt von der Schicht und der Entwicklung ab. Für bildmäßige Aufnahmen benötigt man Materialien mit langer, möglichst gerader Schwärzungskurve, die nicht allzu steil verläuft ($\gamma \approx 0,6-0,8$). Für spezielle Zwecke, z. B. Reproduktion von Schwarzweiß-Vorlagen oder für Spektralplatten, sind Materialien sehr steiler Gradation erwünscht.

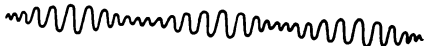
Schwazit, \rightarrow Fäherze.

Schwebe, im Bergbau eine söhlige oder geneigte Feste, die einen Abbauhohlraum in der Firste abschließt. Sie soll ein Hereinbrechen brüchiger Hangendschichten oder ein zu frühzeitiges Hereinfallen von Versatz oder Bruchmassen aus dem darüber befindlichen „Alten Mann“ in den noch betriebenen Abbau verhindern.

Schwebbahn, 1) svw. \rightarrow Hängebahn. 2) svw. \rightarrow Seilschwebbahn.

Schwebefahrzeug, svw. \rightarrow Bodeneffektgerät.

Schwebungen, periodische Schwankungen der Amplitude einer Schwingung oder Welle. S.



Periodisch ab- und zunehmende Amplitude

kommen zustande durch Überlagerung zweier periodischer Schwingungen oder Wellen von fast gleicher Frequenz. Die **Schwebungsfrequenz** ist gleich der Differenz der einzelnen Frequenzen. Aus der Schwebung wird eine reelle Schwingung, wenn die beiden einander überlagerten Schwingungen nichtlineare Schaltelemente durchlaufen (z. B. beim Rundfunkempfänger als unerwünschtes Pfeifen, wenn zwei hochfrequente Schwingungen benachbarter Frequenzen gleichgerichtet werden). Bei Überlagerung zweier Schallschwingungen werden S. ohne Anwesenheit von Nichtlinearitäten als Ton hörbar. Dies läßt auf nicht-lineare Verzerrungen im Ohr selbst schließen.

Schwebungssummer, ein Gerät zur Erzeugung tonfrequenter Schwingungen durch Überlagern zweier Hochfrequenzschwingungen in einem Mischer. Die jeweils entstehende Differenz- oder Schwebungsfrequenz (\rightarrow Schwebungen) wird ausgesiebt und steht an Klemmen zur Verfügung. Der S. wird für zahlreiche Messungen, besonders in der Elektroakustik, verwendet. Vorteilhaft ist dabei, daß ein sehr großer Frequenzbereich (z. B. das gesamte hörbare Frequenzband 16 Hz bis 20 kHz) ohne jede Bereichsumschaltung überstrichen werden kann.

Schwefel, Symbol S [von lateinisch sulfur], chemisches Element aus der VI. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Chalkogene, ein Nichtmetall; Ordnungszahl 16, Massenzahlen der stabilen Isotope 32, 34, 33 und 36, Atomgewicht (bezogen auf ^{12}C) 32,064, Wertigkeit meist II und VI, auch IV. S. ist polymorph; er tritt in mehreren Modifikationen auf. Der zitro-

nengelbe α -Schwefel oder rhombische S. (D. $2,06 \text{ g cm}^{-3}$) ist die bei normaler Temperatur stabile Modifikation, in der S. auch in der Natur vorkommt. Bei langsamem Erhitzen wandelt sich der α -Schwefel bei $95,6^\circ \text{C}$ in den ebenfalls festen, hellgelben β -Schwefel oder monoklinen S. (D. $1,96 \text{ g cm}^{-3}$) um. Bei $119,0^\circ \text{C}$ schmilzt β -Schwefel zu λ -Schwefel, einer dünnen, hellgelben Flüssigkeit. Wird geschmolzener S. abgeschreckt und nach dem Erhitzen gepulvert und mit Kohlendisulfid extrahiert, so löst sich nur ein Teil, und zurück bleibt hellgelber **amorpher S.** oder μ -Schwefel. Bei $444,6^\circ \text{C}$ siedet flüssiger S. und geht in den dampfförmigen Zustand über. Die Schwefeldämpfe sind zunächst orangegelb, bei 500°C rot, bei 600°C wieder orangegelb und bei 650°C strohgelb. α -, β - und λ -Schwefel sowie Schwefeldampf in der Nähe des Siedepunktes bestehen aus S_8 -Molekülen. Mit steigender Temperatur gehen die S_8 -Moleküle über S_6 - und S_4 - bei 650°C in S_2 -Moleküle über. Durch rasches Abkühlen einer Schwefelschmelze oder von Schwefeldampf erhält man **plastischen S.** **Kolloider S.** bildet sich beim langsamen Einleiten von Schwefelwasserstoff in Schwefeldioxidlösung. In Kohlendisulfid und Dischwefeldichlorid ist S. gut löslich.

In elementarer Form findet sich S. in vulkanischen Ablagerungen auf Sizilien, in Japan und Mexiko, in sedimentären Ablagerungen in Polen, Texas und Louisiana. Gebundener S. kommt vor allem im Pyrit, Chalkopyrit, Galenit, Sphalerit, Gips, Anhydrit, Kieserit und Baryt vor. Auch im Erdöl und Ölschiefer ist S. enthalten. S. gehört zu den Makronährstoffen; er ist im Boden, in der Trockensubstanz der Pflanzen und im tierischen Eiweiß vorhanden.

Die Gewinnung erfolgt in Sizilien bergmännisch und durch nachfolgendes Ausschmelzen des Schwefelgesteins in Meilern, den Calcaroni, oder Ringöfen, den Forni, während man in den USA nach dem **Frasch-Verfahren** den S. aus unterirdischen Lagern mittels überhitzten Wasserdampfes ausschmilzt und durch Druckluft an die Erdoberfläche drückt. In Ländern, die nicht über Schwefellager verfügen, gewinnt man S. aus Stein- oder Braunkohle über technische Gase, aus denen man z. B. nach verschiedenen nassen Verfahren, wie dem **Sulfosolvanverfahren** mittels einer wäßrigen Lösung des Kalisalzes von Aminosäuren, Schwefelwasserstoff isoliert. Der Schwefelwasserstoff wird dann anschließend nach dem **Claus-Verfahren** mit Luft katalytisch oxidiert. Bei trockenen Gewinnungsverfahren wird das technische Gas z. B. mit der berechneten Luftmenge über Aktivkohle geleitet, wobei der Schwefelwasserstoff zu S. oxidiert wird. Vielfach werden auch noch Raseneisenerz oder Gasreinigungsmasse zur Entschwefelung von Rohgasen verwendet. Hierbei bildet sich mit dem Schwefelwasserstoff Eisen(III)-sulfid, das mit Luftsauerstoff unter Bildung von S. wieder zum Oxidhydrat regeneriert wird. Reiner S. wird aus dem anfallenden Rohschwefel durch Destillation gewonnen; bei rascher Abkühlung schlägt er sich als feines Pulver (**sublimierter S.**, **Schwefelblume** oder -blüte) nieder oder sammelt sich flüssig auf dem Boden und erstarrt — in Formen geleitet — zu **Stangenschwefel**.

Fein verteilten S. verwendet man zur Vulkanisation von Kautschuk und Guttapercha. Ferner dient S. zum \rightarrow Schwefeln und zur Herstellung vieler seiner Verbindungen, von Faktis, schwefelhaltigen Kitten, Schwefelfarbstoffen, in der Medizin z. B. als Schwefelsalbe und -puder. Wegen seiner niedrigen Entzündungstemperatur (260°C) ist S. fein verteilt in Schwarzpulver und Zündholzköpfen enthalten. Das in Kernreaktoren künstlich erzeugte Isotop **Schwefel-35** (**Radio-schwefel**) wird als Radioindikator eingesetzt.

Schwefelverbindungen. **Dischwefeldichlorid**, S_2Cl_2 , wichtigste Halogenverbindung des S., orangefarbene, an feuchter Luft rauchende Flüssigkeit, verwendet als Lösungsmittel für S. und zur Herstellung von Faktis; **Schwefeldioxid**, SO_2 , farbloses, stechend riechendes Gas, das beim Einleiten in Wasser \rightarrow schweflige Säure bildet, findet sich in vulkanischen Gasen und Erdgas sowie in Industriegasen, entsteht beim Rösten der Schwefelerze, dient vor allem zur Herstellung von \rightarrow Schwefelsäure und von technisch wichtigen Reduktionsmitteln, ferner als Desinfektionsmittel, Bleichmittel, Kältemittel u. a.; **Schwefeltrioxid**, SO_3 , kommt in drei farblosen Modifikationen vor, in zwei „asbestartigen“ und einer „eisartigen“, mit Wasser bildet es Schwefelsäure; **Schwefelwasserstoff**, H_2S , brennbares, farbloses, unangenehm nach faulen Eiern riechendes, sehr giftiges Gas, kommt vor in vulkanischen Gasen und Erdgasen sowie in gelöster Form in Schwefelquellen, verwendet in der analytischen Chemie und zur Gewinnung von Schwefel oder Schwefeldioxid, als schwache Säure bildet H_2S Salze, die **Sulfide**, die in der Natur als Blenden, Glanze oder Kiese weit verbreitet sind. — Wichtige organische Schwefelverbindungen sind z. B. \rightarrow Kohlendisulfid und \rightarrow Thioalkohole.

Schwefelfarbstoffe, sehr licht- und waschechte, meist blaue oder schwarze, synthetische Farbstoffe. Man stellt sie durch Zusammenschmelzen vor allem von aromatischen Aminen und Amino-phenolen mit Schwefel und Natriumsulfid her. Es entstehen wasserunlösliche, hochmolekulare Gemische, die Thiazin- und Thiazolringe sowie Disulfidbrücken enthalten. Die Struktur der meisten S. ist noch nicht geklärt. Die S. färben vor allem Baumwolle und andere Zellulosefasern in einem Natriumsulfidbad, wodurch der betreffende Farbstoff zur wasserlöslichen Form reduziert wird. Diese zieht auf die Zellulosefaser des Gewebes auf, das anschließend an der Luft aufgehängt wird. Durch den Luftsauerstoff wird der ursprüngliche Farbstoff reoxydiert und auf der Faser fixiert. Durch Nachbehandlung mit Metallsalzen kann die Qualität der Färbung gesteigert werden. Wichtigste Vertreter der S. sind **Schwefel-schwarz**, das aus Dinitrophenol und Polysulfiden, und **Hydronblau**, das aus Indophenol und Natriumpolysulfid gewonnen wird. **Schwefelkies**, swv. \rightarrow Pyrit.

Schwefeln, das Abbrennen von Schwefel oder Bestreuen mit Schwefel oder Schwefelverbindungen, gewöhnlich zum Abtöten schädlicher Keime. Pflanzen bestäubt man mit Schwefel zum Schutz gegen Pflanzenkrankheiten oder tierische Schädlinge. Wein wird durch S. haltbar gemacht. Im leeren Faß wird Schwefel verbrannt, der dann eingefüllte Wein nimmt das gasförmige Schwefeldioxid auf. Neuerdings wird auch verflüssigtes Schwefeldioxid verwendet, das vergast und in den Wein geleitet wird. Der erlaubte Höchstgehalt an Schwefeldioxid beträgt 200 mg l^{-1} . Beim Tabak wird durch S. eine goldgelbe Farbe erreicht.

Schwefelsäure, H_2SO_4 , eine der wichtigsten und stärksten anorganischen Säuren. S. ist in reinem Zustand eine ölige, farb- und geruchlose Flüssigkeit (D. $1,83213 \text{ g cm}^{-3}$, F. $10,36^\circ\text{C}$). Die S.n des Handels haben folgende Daten: **Konzentrierte S.**: gereinigt 98,3% H_2SO_4 , D. $1,841 \text{ g cm}^{-3}$, F. 3°C , Kp. 338°C , roh 94 bis 98% H_2SO_4 , D. etwa $1,84 \text{ g cm}^{-3}$; **Gloversäure**: 78 bis 80% H_2SO_4 , D. $1,71$ bis $1,73 \text{ g cm}^{-3}$; **Kammersäure**: 60 bis 70% H_2SO_4 , D. $1,50$ bis $1,62 \text{ g cm}^{-3}$; **verdünnte S.**: (etwa 2normal) etwa 10% H_2SO_4 , D. $1,06$ bis $1,11 \text{ g cm}^{-3}$; **Normalschwefelsäure**: $4,904 \text{ g cm}^{-3}$, D. $1,031 \text{ g cm}^{-3}$; **rauchende S.** \rightarrow Oleum. Konzentrierte S. ist stark ätzend, stark wasseranziehend, beim Verdünnen mit Wasser zeigt sie Volumenkontraktion (d. h., das Volumen der verdünnten S. ist kleiner als die Summe der

Einzelvolumina von konzentrierter S. und Wasser) und starke Wärmeentwicklung (Säure unter Umrühren vorsichtig in Wasser gießen, nie umgekehrt!). Konzentrierte S. ist ein starkes Oxydationsmittel. Als zweibasige Säure bildet S. primäre, saure Salze, die **Hydrogensulfate** (veraltet Bisulfate), Me^1HSO_4 , und sekundäre, neutrale Salze, die **Sulfate** Me_2SO_4 . Da konzentrierte S. Eisen nicht angreift, kann sie in Fässern oder Kesselwagen aus Schmiedeeisen transportiert werden: Für Konzentrationen unter 65% müssen verbleibende Behälter verwendet werden.

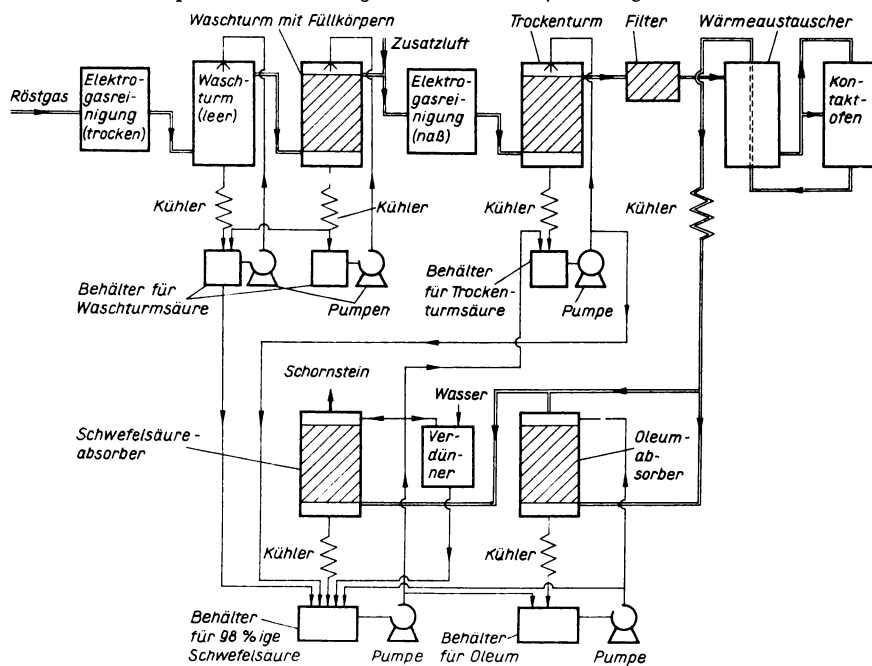
Gewinnung. S. wird heute nach zwei Verfahren hergestellt: nach dem Kontaktverfahren und nach dem Stickoxidverfahren (Bleikammer- und Turmverfahren). Beiden Verfahren ist gemeinsam, daß Schwefeldioxid SO_2 katalytisch zu Schwefeltrioxid SO_3 oxydiert wird. Ausgangsstoffe für die Gewinnung von Schwefeldioxid sind vor allem sulfidische Erze, z. B. Pyrit, Sphalerit, Chalkopyrit, ferner Schwefel (besonders in den USA) und auch verbrauchte Gasreinigungsmasse sowie Abfallschwefelwasserstoff. Nach dem Rösten des Erzes (z. B. nach dem Wirbelschichtverfahren) oder durch Verbrennen von Schwefel werden die Röst- oder Verbrennungsgase nach speziellen Verfahren gereinigt.

In der DDR werden als Rohstoffe vor allem Kieserit und Anhydrit, die in Kalisalzlagern mit Vorkommen, eingesetzt. Das aus dem Kieserit gewonnene Magnesiumsulfat wird mit Braunkohlenschwefelkoks in Etageöfen reduziert: $2 \text{ MgSO}_4 + \text{C} \rightarrow 2 \text{ SO}_2 + \text{CO}_2 + 2 \text{ MgO}$. Das SO_2 -haltige Gasgemisch wird nach dem Stickoxidverfahren (s. u.) aufgearbeitet. Außerdem fällt Magnesiumoxid an, das zu Sintermagnesit, Steinhofböhden, Leichtbauplatten u. a. verarbeitet werden kann. Beim **Anhydritschwefelsäureverfahren** (**Müller-Kühne-Verfahren**) ist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit die Gewinnung von Schwefeldioxid mit der Herstellung von Zement gekoppelt. Anhydrit wird zusammen mit Ton, Sand und Koks getrocknet, feingemahlen, gemischt und in 70 bis 80 m langen Drehrohren (Tafel 23) auf 1400 bis 1450°C erhitzt, wobei sich folgende Reaktionen abspielen: $\text{CaSO}_4 + 2 \text{ C} \rightarrow \text{CaS} + 2 \text{ CO}_2$, $\text{CaS} + 3 \text{ CaSO}_4 \rightarrow 4 \text{ CaO} + 4 \text{ SO}_2$. Die zugefügten Mengen Ton und Sand bilden mit dem Kalziumoxid CaO einen Zementklinker, der dem besten Portlandzement gleichkommt. Das beim Brennen gebildete Röstgas enthält bis zu 8% SO_2 ; es wird gereinigt und wie beim Kontaktverfahren (s. u.) zu konzentrierter S. verarbeitet. 5 t Anhydrit liefern theoretisch 3 t Zementklinker und 3,5 t S.

Beim **Kontaktverfahren** werden die SO_2 , O_2 und N_2 enthaltenden Röstgase durch elektrische Entstaubung in Elektrofilteranlagen und durch Waschen von Staub und Kontaktgiften befreit, in Trockentürmen durch Berieseln mit S. getrocknet, in Wärmeaustauschern auf etwa 350°C vorgewärmt und dem Kontaktofen zugeführt. Dieser enthält als Katalysator (Kontaktsubstanz) Vanadinpentoxid V_2O_5 mit Zusätzen aus Bimsstein, Kieselgel oder Zeolithen als Trägersubstanz. Der Katalysator ist im Kontaktofen in senkrechten Rohren untergebracht oder auf Horden ausgebreitet und wird vom Röstgas durchstrichen. Dabei wird das Schwefeldioxid bei 420 bis 600°C unter Wärmeentwicklung zu Schwefeltrioxid oxydiert: $2 \text{ SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ SO}_3$. Das den Kontaktofen verlassende heiße Gas wärmt in Wärmeaustauschern das kalte Gas vor und wird in einem Röhrenkühler mit Luft weiter abgekühlt. Danach wird es in Füllkörpertürmen zunächst mit Oleum (Oleumabsorber), dann mit 98%iger S. (Schwefelsäureabsorber) berieselt, die das SO_3 absorbieren. Das im Oleumabsorber gebildete hochprozentige Oleum wird als solches abgezogen oder — wie auch das im Schwefelsäureabsorber

gebildete niedrigprozentige Oleum – in 98 %ige S. übergeführt. Das Kontaktverfahren wurde bereits 1831 von P. Philipps erfunden, gewann aber erst Ende des 19. Jh.s durch C. Winkler und R. Kniesch praktische Bedeutung.

Verwendung. S. dient hauptsächlich zur Herstellung von mineralischen Düngemitteln (besonders von Superphosphat und Ammoniumsulfat), als Beizmittel für Metalle, als Akkumulatorsäure, in der organisch-chemischen Industrie



Beim **Stickoxidverfahren** erfolgt die Gewinnung und Reinigung des SO_2 , wie beim Kontaktverfahren. Die Rolle des Katalysators übernimmt hier das Stickoxid, das gemäß der Gleichung $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ als Sauerstoffüberträger wirkt. Früher wurde der Prozeß in großen, leeren Bleikammern ausgeführt (**Bleikammerverfahren**). Heute werden nur noch Turmanlagen errichtet (**Turmverfahren**), bei denen sich die Reaktion in großen, säurefest ausgemauerten und mit kleinen keramischen Körpern gefüllten Türmen abspielt. Sie haben eine wesentlich größere Leistung als die Bleikammern und weniger Platzbedarf. Die Röstgase werden elektrisch entstaubt, strömen von unten in den Denitrierturm (Gloverturm) und werden hier mit der vom Absorptionsturm (Nitrierturm) kommenden nitrosen Säure intensiv in Berührung gebracht. Am Boden des Denitrierturms wird eine etwa 80 %ige, von Stickoxiden freie S. abgezogen. Die Röstgase streichen mit den ausgetriebenen Stickoxiden durch die Produktionstürme, die intensiv mit nitrosen Säure, d. i. Nitrosylhydrogensulfat (NOHSO_4) enthaltende S., berieselt werden. In die Türme wird Wasser eingesprüht und zur Deckung der Stickoxidverluste Salpetersäure aufgegeben. Nacheinander ablaufende Reaktionen sind hierbei: $(\text{NOHSO}_4) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_2$, $\text{NO} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_2$; $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$; $\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{HNO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$. Anschließend gelangen die kaum noch SO_2 enthaltenden Gase in den leeren Oxydationsturm (Regenerierturm) zur Oxydation zu dem Gemisch $\text{NO} + \text{NO}_2$, das in den folgenden Absorptionstürmen durch Berieseln mit kalter S. zu Nitrosylhydrogensulfat gelöst wird. Das Nitrosylhydrogensulfat wird als nitrose Säure wieder dem Denitrierturm zugeführt.

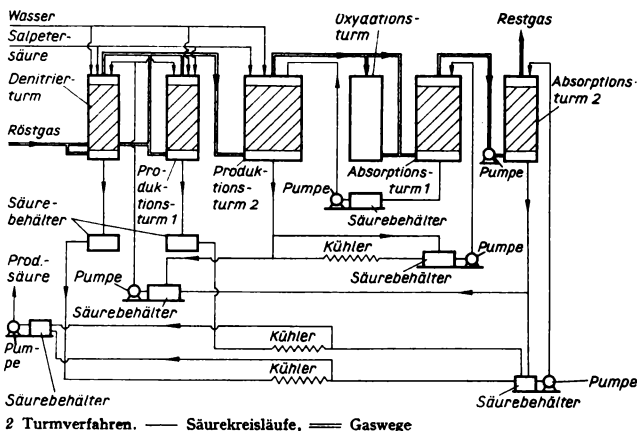
zur Herstellung für Fällbäder in der Kunstseidenindustrie, zum Reinigen von Ölen und Fetten, als Nitriermittel für die Farbstoff-, Kunststoff- und Sprengstoffproduktion, ferner als Heizbadflüssigkeit, Trockenmittel u. a.

Lit. Kusnezow: Die Herstellung der S. (dtsh Leipzig 1954).

Schwefelsäuredimethylester, svw. → Dimethylsulfat.

Schwefelschwarz, ein → Schwefelfarbstoff.

schweflige Säure, H_2SO_3 , eine nur in wäßriger Lösung im Gleichgewicht mit ihrem Anhydrid beständige Säure. Als zweibasige Säure bildet sie saure Salze, die **Hydrogensulfite** MeHSO_3 , und die neutralen Salze, die **Sulfite** Me_2SO_3 . S. S. wird



Schweißen



Geschweißter Blechstreifen

z. B. zur Raffination von Erdöl, zum Bleichen, zum Desinfizieren, zum Konservieren von Früchten, zur Eisfabrikation und in Kühlanlagen verwendet.

Schweißen, 1) Metallbearbeitung: das Streck-schmieden (\rightarrow Freiformschmieden) der Längshälfte eines Blechstreifens in Richtung der Längsachse zur Erzeugung von Krümmungen des Streifens in der Blechebene. Hierbei werden die Schläge eines Hand- oder Maschinenhammers mit schmalen erhabenen Schlagflächen in Vorschubrichtung je nach Größe der geforderten Krümmung ohne oder mit Zwischenraum aneinandergereiht.

2) Holzbearbeitung: die Ausführung gekrümmter Schnitte mit der Schweif-, Dekupier- oder Bandsäge.

Schweigezone, ein Gebiet, in dem eine heftige Detonation nicht hörbar ist. Die Hörbarkeit großer Detonationen beschränkt sich auf einen Kreis von etwa 50 km Radius, der durch die meteorologischen Verhältnisse in Form und Größe verändert werden kann. Dann folgt die S.; in größerer Entfernung (120 bis 170 km) vom Explosionsherd wird der Schall wieder hörbar. Diese äußere Hörbarkeitszone kommt dadurch zustande, daß die zunächst von der Erdoberfläche weg strebenden Schallwellen in der oberen Stratosphäre ihre Geschwindigkeit und damit ihre Richtung ändern, wieder zur Erde zurückkehren, weil in diesen Luftschichten die Temperatur und Dichte zunehmen.

Schweifurter Grün, \rightarrow Kupfer.

Schweißen (Tafel 30), das unlösliche, stoffschlüssige Verbinden (\rightarrow Schweißverbindung) von Werkstoffen durch Wärme oder Druck oder beides. Geschweißt werden Metalle und ihre Legierungen, ferner Thermoplaste. Das S. geschieht mit oder ohne Zusatz von artgleichem Werkstoff (*Zusatzwerkstoff*) mit gleichem oder nahezu gleichem Schmelzbereich (im Gegensatz zum Löten). Es wird angewendet zur Kraftübertragung, für Dichtzwecke, zum Korrosionsschutz und Verschleißschutz u. a.

Man unterscheidet zwischen Verbindungs-schweißen, dem Vereinigen mehrerer Teile, und Auftragsschweißen, dem Auftragen von Werkstoff auf Werkstücke.

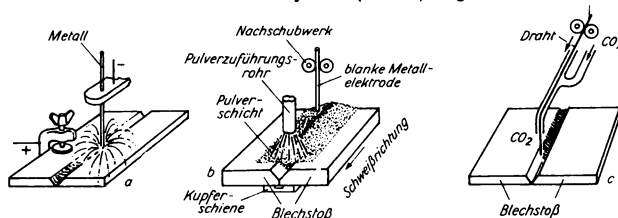
A) Verbindungsschweißen. Für Metall gibt es folgende Verfahren: 1) **Schmelzschweißen.**

1) Das **Gasschmelzschweißen** oder **Autogenschweißen** kommt hauptsächlich für Dünnbleche und Rohre mit Wanddicken bis 6 mm sowie für Reparatur-schweißungen in Betracht. Mit Hilfe der Stichflamme (etwa 2000 bis 3000 °C) eines **Schweißbrenners** wird das Metall an den beiden Schweißkanten aufgeschmolzen. Ohne oder mit Zusatzwerkstoff (Schweißdraht), der in die Flamme gehalten wird, verbindet sich das flüssige Metall. Das Gasgemisch besteht aus Sauerstoff und einem Brenngas, meist Azetylen C_2H_2 , aber auch Propan C_3H_8 , Wasserstoff H_2 oder Stadtgas.

2) Bei dem **Lichtbogenschweißen** gibt es drei Arten. a) Das **offene Lichtbogenschweißen** wird hauptsächlich beim **Elektrodenhandschweißen nach Slawjanow** (Abb. a) angewendet. Eine me-

tallische umhüllte Elektrode wird an einen Pol einer Gleichstromquelle angeschlossen. Das Werkstück ist mit dem anderen Pol verbunden. Durch den sich zwischen Elektrode und Werkstück bildenden Lichtbogen schmelzen diese. Der Elektrodenwerkstoff tropft in das Schmelzbad des Grundwerkstoffes und verbindet sich mit diesem. Es kann auch mit Wechselstrom geschweißt werden. Das **Kohlelichtbogenschweißen (Benardos-Verfahren)** hat noch begrenzte Anwendungsmöglichkeiten für dünne Bleche. Der Lichtbogen brennt zwischen einer am Minuspol angeschlossenen Kohlelektrode und dem Werkstück. Es kann ohne und mit Zusatzwerkstoff geschweißt werden, der von Hand in den Lichtbogen eingeführt wird. b) Das **verdeckte Lichtbogenschweißen** findet seine Hauptanwendung beim maschinellen **Unterpulverschweißen (UP-S. Abb. b)**. Blanker Schweißdraht (Metallelektrode) wird laufend zugeführt und unter einer Pulverschicht abgeschmolzen. Das Schweißpulver besteht vor allem aus Kieselsäure, gebranntem Kalk und Magnesiumoxid. Es schützt die Schweißstelle vor Sauerstoff und Stickstoff. Manche Pulversorten haben auflegierende Wirkung. Bei Hohlkabelgeräten (UPHK-S.) wird der Schweißdraht der Schweißstelle durch ein hohles Kabel zugeführt. Das UP-S. ist ein hochproduktives Verfahren, das hauptsächlich für Werkstoffe über 4 mm Dicke im Schiff-, Stahl- und Maschinenbau eingesetzt wird. Dem UP-S. entspricht das **Ellirra-Verfahren** (Abb. für Elektro-Linde-Rapid-Verfahren). Beim **Unterschienen-schweißen (US-S., Elin-Hafergut-Verfahren)** wird unter einer Kupferschiene eine bis zu 2 m lange ummantelte Elektrode auf die den Gegenpol bildende Schweiß-fuge gelegt, an ihrem blanken Ende an die Stromquelle angeklammert und am Gegeneinde gezündet. Sie schmilzt dann selbsttätig ab. c) Die Schutzgaslichtbogenschweißverfahren erhalten immer größere Bedeutung. Sie können teil- und vollautomatisch eingesetzt werden. Beim **CO_2 -Schutzgasschweißen** (Abb. c) wird ein endloser Draht von einer Haspel durch ein Hohlkabel und den Schweißbrenner zur Schweißstelle geführt. Zum Schutze des Schweißbades vor Luftzutritt strömt aus der Brennerdüse Kohlendioxid CO_2 und umspült die Schweißstelle. Die CO_2 -Schweißung ist äußerst wirtschaftlich für alle Massenbaustähle, besonders bei kurzen Schweißnähten. Auf dem gleichen Prinzip beruht das **Metall-Inertgas-S. (abg. MIG-S.)**, auch **Sigma-Verfahren** genannt. Als Schutzgas werden Edelgase (Argon, Helium) verwendet. Anwendung bei dickeren Blechen aus legiertem Stahl, Buntmetallen und Leichtmetallen und ihren Legierungen. Die gleichen Schutzgase werden beim **Wolfram-Inertgas-S. (abg. WIG-S.)** angewendet, auch als **Argonarc- oder Heliarc-Verfahren** bezeichnet. Der Lichtbogen brennt zwischen einer Wolfram-Elektrode und dem Werkstück. Zusatzwerkstoffe können von Hand zugeführt werden. Anwendung für legierte Stähle und alle Nichteisenmetalle und ihre Legierungen, besonders für dünne Bleche bis 0,5 mm Dicke. Die CO_2 -, MIG- und WIG-Verfahren können mit besonderen Geräten auch zum Punktschweißen eingesetzt werden. Beim **Arcatom-S.** wird der Lichtbogen zwischen zwei Wolfram-Elektroden gezogen. Wasserstoff als Schutzgas dissoziiert im Lichtbogen. Beim Auftreffen auf das Werkstück entsteht unter großer Wärmeabgabe wieder molekularer Wasserstoff. Anwendung nur noch bei Dünnblechen.

3) Das **aluminothermische S.** (nach Goldschmidt), abg. **AT-S.**, auch **Thermit-S.** genannt, ist ein Schmelz- und Preßschweißen. Ein Gemisch von Eisen(II)-oxid FeO oder Eisen(III)-oxid Fe_2O_3 oder Eisen(II,III)-oxid Fe_3O_4 mit Aluminiumpulver (**Thermit**) wird an der Schweißstelle in eine feuerfeste Form geschüttet und



Schweißen: Lichtbogenschweißen. a Elektrodenhandschweißen nach Slawjanow, b Unterpulverschweißen, c CO_2 -Schutzgasschweißen

durch eine Patrone mit Magnesiumpulver und einer leicht sauerstoffabgebenden Verbindung, z. B. Bariumperoxid BaO_2 oder Kaliumchlorat KClO_3 , entzündet. Das Aluminiumpulver verbindet sich unter großer Wärmeabgabe (178 kcal), bei der etwa 3000 °C erreicht werden, mit dem Sauerstoff des Eisen(II)-oxids: $3\text{FeO} + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Fe}$. Ähnlich verlaufen die Reaktionen von Eisen(III)-oxid und Eisen(II,III)-oxid mit Aluminium. Der flüssige Stahl füllt die Schweißstelle aus. Die Schlacke aus Aluminiumoxid Al_2O_3 auf der Schweißnaht wird anschließend beseitigt. Anwendung für das S. von Eisen- und Straßenbahnschienen, Betonstählen sowie für Großreparaturschweißungen (z. B. von Maschinenteilen). Für Kabel ist das **AT-Muffelschweißen** gebräuchlich.

4) Das **Elektroschlackeschweißen** (abg. ES-S.) wurde von B. E. Paton entwickelt. Die Schweißung erfolgt senkrecht. Zwischen den zu verbindenden Werkstücken bleibt ein großer Spalt. In diesen wird von oben Pulver geschüttet, ein oder mehrere endlose Drähte werden als Zusatzwerkstoff – bei großen Querschnitten Streifen oder Platten – zugeführt. Am unteren Ende des Spaltes wird ein Zusatzblech angebracht, auf dem der Draht wie beim UP-S. gezündet wird. Der anfangs zwischen Werkstoff und Draht vorhandene Lichtbogen schmilzt Metall und Pulver auf, so daß sich im Spalt ein Metall- und Schlackebad bilden. Bei Fortführung des Prozesses reißt der Lichtbogen ab, und der Zusatzdraht wird durch den hohen Widerstand im erhitzten Schmelzbad weiter abgeschmolzen. Zur Badsicherung und Pulverhalterung befinden sich an beiden Seiten des Spaltes wassergekühlte Kupferbacken. Zur Verbindung von Blechen mit einer Dicke über 40 mm ist das ES-S. das produktivste Verfahren. In der Sowjetunion wurden Querschnitte von $1\text{ m} \cdot 1\text{ m}$ in einem Durchgang geschweißt. Anwendung bes. im Schiff-, Kessel-, Pressenbau, bei Reparaturschweißungen.

5) Das **Pulverdrahtschweißen** ist ein mechanisiertes Verfahren, daß sich noch in der Entwicklung befindet. Ähnlich wie beim CO_2 - und MIG-S. wird ein endloser Draht durch ein Hohlkabel und den Schweißbrenner zur Schweißstelle gebracht und durch einen Lichtbogen abgeschmolzen. Statt eines vollen Drahtes wird ein Pulverdraht (Röhrchendraht) verwendet. Dieser wird aus Blechband oder -folie gezogen. Während des Ziehens wird in den Draht Pulver eingefüllt, das die Funktion der Elektrodenumhüllung erfüllt. Das Pulverdrahtschweißen soll durch seine höhere Produktivität die Elektrodenhandschweißung besonders bei Montagegeschweißungen ablösen. Pulverdrähte, in denen sich Pulver mit Legierungselementen befinden, werden schon zum S. und Auftragsschweißen legierter Werkstoffe mit Hilfe des UP-Verfahrens eingesetzt.

II) **Preßschweißen**. 1) Beim **Kaltpreßschweißen** werden die zu verbindenden aneinanderstoßenden Werkstücke kalt oder bei geringer Erwärmung durch länger anhaltenden Druck verformt oder vereinigt. Das Kaltpreßschweißen wird bei verschiedenen Leicht- und Buntmetallen und ihren Legierungen angewendet. Auch unterschiedliche Metalle können miteinander geschweißt werden, z. B. Kupfer und Aluminium bei Stromschienen.

2) Beim **Feuerpreßschweißen** werden die zu verbindenden Metallteile im Schmiedefeuer bis zur Weißglut erhitzt und dann überlappt aufeinandergelegt. Das Verbinden erfolgt beim **Hammerschweißen**, der ältesten Art des S.s, durch kräftige Hammerschläge von Hand, bei großen Werkstücken unter einem Schmiedehammer oder einer hydraulischen Presse.

3) Das elektrische **Widerstandspreßschweißen** (1877 von Thomsen erfunden) kommt für alle

Metalle und Legierungen, außer Gußeisen und einigen Leichtmetall-Legierungen, in Betracht. Beim **Wulststumpfschweißen** werden die zu verbindenden Teile an der Brennstelle durch angelegten Strom, der hier einen hohen Widerstand findet, bis zum teigigen Zustand erwärmt und durch eine mechanische Vorrichtung zusammengestaucht, wobei eine ballige Schweißwulst entsteht. Beim **Abtrenn- oder Abschmelzstumpfschweißen** werden die beiden in die Schweißmaschine eingespannten Werkstücke nach Einschalten des Stromes wiederholt zur Berührung gebracht. Dabei erhitzten sich die Stoßstellen im gesamten Querschnitt auf Schweißglut. Durch schlagartiges Zusammenpressen wird nach Abschalten des Stromes die Schweißung vollzogen, wobei nur ein schmaler Grat entsteht. Anwendung zum Verbinden von Drähten, Eisenbahnschienen, Trägern, Rohren, Betonstählen, Werkzeugen u. a. Die Stoßflächen der Teile brauchen nicht sauber vorbereitet zu sein. Durch die fehlenden Vorbereitungsarbeiten und äußerst kurze Schweißzeiten hat dieses Verfahren eine sehr hohe Produktivität. Beim **Punktschweißen** fließt der Strom durch zwei stiftförmige wassergekühlte Elektroden, die von zwei Seiten gegen die überlappt zusammengelegten Werkstücke drücken. Zwischen den Teilen schmilzt durch den großen Übergangswiderstand das Metall auf und gibt punktförmige Verbindungsstellen. Ähnlich ist das **Buckelschweißen**. Das untere Blech wird mit buckelartigen Erhebungen versehen und auf diese das obere Blech gelegt. Bei Stromdurchfluß schmilzt das Material an den Erhöhungen zuerst auf und ergibt örtliche Verbindungen. Beim **Naht- oder Rollennahtschweißen** werden rollenförmige Elektroden angewendet, wodurch eine fortlaufende Naht entsteht. Ähnlich ist das **Quetschschweißen**, wobei die zu verbindenden Bleche knapp überlappt zusammengelegt und unter Strom und Druck meist durch eine Rolle zusammengequetscht werden. Beim **Folienschweißen** werden die Bleche stumpf zusammengepaßt, und eine dünne Folie wird – von einer Rolle kommend – unter Strom in den Spalt eingeschmolzen.

Das Punkt- und Nahtschweißen eignet sich fast für alle Werkstoffe. Mit modernen Maschinen lassen sich bei Stahl Blechdicken bis maximal 12 mm zusammenschweißen. Das S. geschieht fast ausschließlich maschinell. Mit Hilfe entsprechender Vorrichtungen kann die Schweißung vollautomatisch verlaufen und eine sehr hohe Produktivität erreicht werden. Anwendung hauptsächlich im Automobil-, Waggon-, Flugzeug- und Landmaschinenbau. Für Montagezwecke kommen auch Punktschweißzangen zum Einsatz.

4) Beim **Reibungsschweißen (Drehschweißen nach Tschudikow)** wird auf der Drehmaschine ein rotierendes Teil gegen ein feststehendes gepreßt, bis die Stoßflächen durch Reibung aufschmelzen. Beim Freigeben des fest eingespannten Teiles schweißen beide Teile zusammen. Das Verfahren wird zum Anfertigen und zur Reparatur von Bohrern, Wellen, Achsen und anderen Rundteilen eingesetzt.

5) Beim **Gaspreßschweißen** werden die zu verbindenden Stoßstellen durch Autogenflammen bis zum teigigen Zustand erhitzt. Anschließend werden die Flächen zusammengepreßt. Anwendung für kompakte Querschnitte, z. B. Betonstähle.

III) **Sonderschweißverfahren**. In den letzten Jahren haben sich mehrere neue Schweißverfahren entwickelt, die nicht eindeutig als Schmelz- oder Preßschweißen definiert werden können. Ihre Anwendung ermöglicht meist das Verbinden extrem dünner Materialien oder schwer schmelzender Metalle und Legierungen. Sie werden deshalb als Sonderschweißverfahren bezeichnet.

1) Beim **Ultraschallschweißen**, abg. **US-S.**, werden die Teile zusammengepreßt und longitudinalen Ultraschallschwingungen (Schubwellen) ausgesetzt. Dadurch entsteht an den Kontaktflächen Reibung, die Struktur an der Oberfläche wird zerstört, und das Metall verbindet sich. Angewendet wird das Verfahren bei dünnen Folien und Drähten aller Metalle und auch bei Kunststoffen.

2) Beim **Elektronenstrahlschweißen** brennt der Lichtbogen in einem Hochvakuum von 10^{-4} Torr. Die kinetische Energie der Elektronen wird beim Auftreffen auf die Anode — das Werkstück — zu mehr als 90 % in Wärme umgewandelt. Geschweißt werden vor allem Wolfram, Tantal, Molybdän, Niob, Zirkonium, Titan, Uran und Beryllium.

3) Das Prinzip des **Diffusionsschweißens** beruht auf der Erwärmung der zu verbindenden Teile unter die Solidustemperatur, wo sie längere Zeit unter Druck belassen werden. Die Verbindung entsteht durch Diffusion der Atome über die Rauigkeitsspitzen der Körper, die aneinandergepreßt werden. Die Stellen, die keinen direkten Kontakt miteinander haben, können während des Diffusionsvorganges teilweise oder ganz ausgefüllt werden. Die erforderlichen Diffusionszeiten liegen in der Größenordnung von Stunden, deshalb muß das S. von leicht oxydierenden und reaktiven Metallen im Hochvakuum oder unter sehr reinem Schutzgas erfolgen. Beim Verschweißen unterschiedlicher Metalle, die sich schwer miteinander vermischen, können metallische Zwischenschichten verwendet werden. Anwendung für Teile, die sich aus metallurgischen Gründen mit anderen Verfahren schlecht verbinden lassen, bei denen enge Toleranzen eingehalten werden müssen oder die große komplizierte Querschnitte haben.

4) Das **Kondensatorimpulsschweißen** wird hauptsächlich zum Punktschweißen verwendet und hat einen Kondensator als Energiequelle. Die Aufladung der Kondensatoren wird durch Zeitgeber über einen Steuerteil begrenzt. Sind die Kondensatoren mit einer bestimmten Spannung aufgeladen, so kann der Schweißvorgang über einen Auslösekontakt eingeleitet werden. Die Kondensatorbatterie entlädt sich über einen Impulstransformator, der den Hochspannungsimpuls in einen Hochstromimpuls umwandelt. Dieser Impuls wird über Elektroden auf das zu schweißende Material übertragen. Durch die kurze Schweißzeit (etwa 10^{-3} s) und einen extrem hohen Schweißstrom (etwa 10^4 A) können elektrisch und thermisch gut leitende Metalle günstig verbunden werden. Die Stromentnahme aus dem Netz geht ohne die beim Widerstandspunktschweißen üblichen großen Stoßbeanspruchungen vor sich, da das Verhältnis der Aufladezeit zur Entladezeit etwa 100:1 beträgt. Anwendung für sehr dünne Drähte und Bleche aus Silber, Kupfer, Aluminium, Konstantan u. a., für Röhren und Meßgeräte in der Rundfunk-, Fernseh- und Geräteindustrie.

5) Beim **Hochfrequenz-Widerstandsschweißen** wird mit Wechselstrom hoher Frequenz — Größenordnung 500 kHz (Kilohertz) — und Röhrengenerator gearbeitet. An Stelle der üblichen ruhenden oder rollenden Kontakte werden Schleifkontakte benutzt. Diese führen den Strom den zu verschweißenden Teilen dicht vor den Druckrollen zu. Der Strom fließt infolge des Skin-Effektes nur in einer dünnen Randzone entlang der Oberflächen der zu verbindenden Teile. Durch Widerstandserhitzung an den Berührungstellen erfolgt die Schweißung. Durch hohe Vorschubgeschwindigkeiten kann die Tiefe der Schweißung sehr gering gehalten werden. Anwendung zum Verbinden dünner Teile aus Titan, Zirkonium und anderem reaktivem oder wärmeempfindlichem Material in der Elektro- und Geräteindustrie.

6) Beim **Laserschweißen**, einem Verfahren, das sich noch in der Entwicklung befindet, können die Laserstrahlen als Wärmequelle benutzt werden. Durch ihre starke Bündelung und die hohe Energie lassen sich schwerschmelzende Metalle, z. B. Wolfram, Molybdän und Tantal, mit äußerster Genauigkeit schweißen. Gegenüber dem Elektronenstrahlschweißen hat dieses Verfahren den Vorzug, daß keine Vakuumkammer notwendig ist. Da sich die Lasertechnik erst am Anfang ihrer Entwicklung befindet, sind noch nicht alle Anwendungsmöglichkeiten vorzusehen.

7) Das **Schlagschweißen** ist eine Weiterentwicklung des Kaltpreßschweißens. Die Werkstücke werden mit ihren Flächen gegeneinander geschlagen. Unmittelbar vor dem Aufeinanderprall wird zwischen ihnen ein Lichtbogen gezündet, der in Bruchteilen einer Sekunde die Stoßflächen erhitzt. Der Lichtbogen wird durch eine Kondensatorentladung oder gesteuerten Wechselstrom gebildet. Das Verfahren kann für dünnste Drähte und andere dünne Teile bei der Herstellung von Bauelementen der Elektronik eingesetzt werden.

8) Das **Explosionsschweißen** ist ebenfalls eine Art des Kaltpreßschweißens. Als Energiequelle können sowohl deflagrierende als auch detonierende Sprengstoffe verwendet werden. Das als „Hochdruckenergieverfahren“ bezeichnete Verfahren gestattet vor allem die Umformung und Schweißung hochfester hitzebeständiger oder hitzeempfindlicher Metalle.

Beim **Verbindungsschweißen** von Platten (Thermoplaste; Duroplaste sind nicht schweißbar) unterscheidet man nach den Eigenschaften das Schmelzschweißen (der Werkstoff fängt bei einer bestimmten Temperatur an zu schmelzen) und das Fließschweißen bei Platten, die keinen Schmelzpunkt haben, sondern nur erweichen (fließen). Zum Verbinden selbst wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Beim **Heißgasschweißen** (Heißluftschweißen) werden die Berührungsflächen der zu verschweißenden Teile und der gegebenenfalls verwendete Zusatzwerkstoff durch geeignete heiße Gase auf die notwendige Schweißtemperatur erwärmt und verbunden. Bei der **Heizelementschweißung** (Heizkeil-S.) werden die zu verbindenden Flächen durch Heizelemente auf Schweißtemperatur erwärmt und unter Druck verschweißt. Das **Spiegelschweißen** ist ähnlich. Als Heizelemente dienen flache, verchromte Bleche (Spiegel). Besonders Röhre können mit dieser Methode gut stumpfgeschweißt werden. Mit dem **Reibschweißen** werden hauptsächlich Rotationskörper verbunden. Auf Drehmaschinen werden die Flächen durch Reibung auf die notwendige Temperatur gebracht und unter Druck verschweißt. Beim **Wärmeimpulsschweißen** werden durch aufliegende Heizelemente die aufeinanderliegenden Teile durch kurzzeitige Wärmeimpulse erwärmt und unter Druck verbunden. Das **Hochfrequenzschweißen** läßt sich für Kunststoffe mit Dipoleigenschaften anwenden. Im Kondensatorfeld einer hochfrequenten Stromquelle werden die Teile erwärmt und mit oder ohne Zusatzwerkstoff unter Druck verschweißt. Beim **Quellschweißen** werden geeignete Lösungsmittel meist ohne zusätzliche Wärme angewendet. Nach dem Anquellen der Verbindungsflächen werden die Teile zusammengedrückt. Beim **Ultraschallschweißen** werden die unter Druck stehenden Berührungsflächen durch Schwingungen zerstört, und die beiden Werkstoffe können sich zu einem vereinigen. Fast alle Verfahren kann man von Hand oder auch maschinell einsetzen.

B) Das **Auftragsschweißen** kann autogen oder nach den verschiedenen Lichtbogenschweißverfahren erfolgen. Gleichartige oder bessere Werkstoffe werden auf das Grundmaterial aufgetragen. Als Zusatzwerkstoffe kommen Elektroden, Metall-

stäbe, Drähte, Pulverdrähte, Pulver und Pasten in Frage. Das Auftragsschweißen findet Anwendung bei der Erneuerung verschlissener und korrodierter Teile oder für die Panzerung der am meisten beanspruchten Stellen neuhergestellter Teile, z. B. Schienen, Werkzeuge und bewegliche Maschinenteile. Durch das in sämtlichen Industriezweigen anwendbare Auftragsschweißen kann viel wertvolles Material eingespart werden.

Lit. Barsch: Die Arcatomschweißung (Halle 1953); Broun u. Pogodin-Alexejew: Thermische Theorie des Schweißlichtbogens (dtsh Halle 1957); Buray: Aluminiumverbindungen, Bd 1: Das S. von Aluminium (dtsh Halle 1958); Chrenow: S., Schneiden und Löten von Metallen (dtsh Halle 1954); Endter: Fachkunde für Schweißer, Bd 1 (6. Aufl. Berlin 1966); Erdmann-Jesnitzer: Werkstoff und Schweißung, 3 Bde (Berlin 1951–59); Gilde: S. der Nichtisenmetalle (2. Aufl. Berlin 1967); Glässer: Berufskunde für die Metallindustrie, S. und Löten, Bd 4 (Leipzig 1953); Günther: Hochleistungsfähige Schweißverfahren (Halle 1959); Günther u. Proschek: Die aluminothermische Schweißung (Halle 1959); Henze: Praktische Schweißausbildung (Berlin 1963); Herden: Schweiß- und Schneidtechnologie (Berlin 1967); Jahre, Treppmann, Vogt: Reparaturschweißungen an Stahlguß und Grauguß (Berlin 1960); Karliczek: Leitfaden für Lichtbogenschweißer (6. Auflage Berlin 1967); Kassatkin: CO₂-Schutzgas-Schweißen (dtsh Berlin 1963); Mrosko: Leicht verständliche Werkstoffkunde für den Stahlschweißer (Berlin 1960); Neese: Theorie und Praxis der Lichtbogenschweißung in 26 Vorträgen (Berlin 1959); Paton: Automatische Lichtbogenschweißung (dtsh Halle 1958); Elektro-Schlacke-Schweißung (dtsh Berlin 1957); Schrader: Die Kunststoffverarbeitung und -schweißung (6. Aufl. Halle 1963); Sergejew u. Feigenson: Die elektrische Widerstandsschweißung (dtsh Halle 1956); Strasburger: Die Schweißtechnik mit besonderer Berücksichtigung des Schiffbaues (Leipzig 1955); Beckert u. Neumann: Grundlagen der Schweißtechnik, Gestaltung (3. Aufl. Berlin 1967), Anwendungsbeispiele (Berlin 1967), Schweißverfahren (3. Aufl. Berlin 1967); Wuttke: Die Lichtbogenschweißung in Frage und Antwort (5. Aufl. Berlin 1967); Schweißtaschenb. (5. Aufl. Berlin 1967); Schweißtechnische Richtlinien (2. Aufl. Berlin 1963); Ztschr.: ZIS-Mitteilungen (Halle); Schweißtechnik (Berlin).

Schweißverbindung, eine unlösbare Verbindung von zwei oder mehreren Teilen desselben oder ähnlichen Werkstoffes durch Schweißnähte. Dabei kann die Herstellung der Schweißnähte je nach dem angewendeten Schweißverfahren (→ Schweißen) mit oder ohne zusätzlichen Werkstoff erfolgen. Durch Schweißen treten in der S. Eigenspannungen auf, durch äußere Belastung Nennspannungen. Die Nennspannungen müssen unter den zulässigen Spannungen liegen. Diese werden entweder entsprechend dem Werkstoff, der Beanspruchungsart, der Gestalt, den zu erwartenden Eigenspannungen der S. festgelegt oder für bestimmte, häufig vorkommende S.en durch Versuche ermittelt. Für ruhend belastete S.en werden die zulässigen statischen Festigkeitswerte zum Vergleich herangezogen, für dynamisch belastete die zulässigen Dauerfestigkeitswerte. Die Nennspannungen sind nach den allgemeinen Regeln der Festigkeitslehre zu berechnen. Zu beachten sind besondere Vorschriften zur Berechnung von S.en im allgemeinen Maschinenbau, Schiffbau und Stahlbau.

Schweitzers Reagens, eine tiefblau gefärbte Lösung von Tetramminkupfer(II)-hydroxid $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ in Wasser, die Zellulose zu lösen vermag. Man verwendet sie zur Herstellung von Kupferseide.

Schwelle, **Bahnschwelle**, im Eisenbahnbau eine Unterlage zur Abstützung der Schienen, die die Achslast der Fahrzeuge von der Schiene auf die Bettung überträgt. 1) Die vorwiegend verwendeten **Querschwellen** liegen rechtwinklig zu den Schienen unter den Schienensträngen des Gleises; sie dienen gleichzeitig der Spurhaltung sowie der Erhaltung der gegenseitigen Höhenlage der Schienen. Querschwellen bestehen aus Holz (Kiefer, Lärche, Buche, Eiche), Stahl oder Stahlbeton. In steigendem Maße verwendet man S.n

aus Spannbeton, um Stahl und Holz einzusparen. Unter dem Schienenstoß liegen bei Gleisen mit Querschwellen zwei mit Bolzen verbundene Holzschwellen nebeneinander, die **Stoßschwelle** (**Kuppelschwelle**). 2) In Frankreich werden seit 1955 erfolgreich **Längsschwellen** (**Laval-Schwellen**) verwendet. Es sind dies S.n aus Spannbeton, die parallelaufend unter den Schienensträngen liegen; die Spurhaltung wird hier von Spurhaltern (→ Gleis) bewirkt. Längsschwellen haben sich bei der Herstellung lückenloser Gleise bewährt.

Der Einbau von Betonschwellen wird wegen der hohen Masse (4- bis 5fache Holzschwellenmasse, etwa 250 kg) mit besonderen Betonschwellenverleegeräten oder Kleinkranen durchgeführt. Vorzugsweise werden vorgefertigte Gleisjoche (→ Gleis) eingebaut.

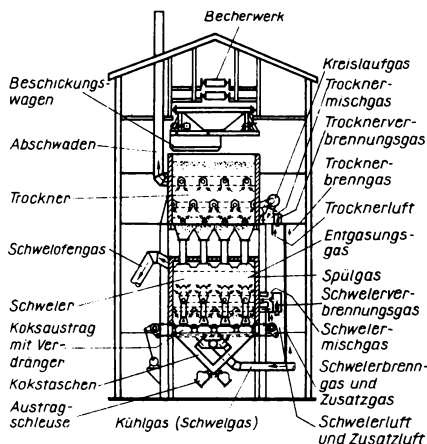
Schwellenwert, in der Physik, der Chemie und der Physiologie der kleinste Betrag eines Stoffes, einer Anregung, eines Reizes, der genügt, um eine erkennbare Wirkung oder einen wahrnehmbaren Vorgang auszulösen.

Schweißfestigkeit, → Dauerschwingfestigkeit.

Schwelung, ein Kohleverdichtungsverfahren, bei dem z. B. Braunkohle, Steinkohle, Ölschiefer, Torf und Holz unter Luftabschluß bei Temperaturen von etwa 450 bis 600 °C (Tieftemperatur-entgasung) zersetzt werden (*trockene Destillation*), wobei die flüchtigen Bestandteile des Ausgangsstoffes ausgetrieben und z. T. thermisch gespalten werden.

Am weitesten verbreitet ist die S. von Braunkohle, wobei Schwelkoks, Schwelteer und Schwelgas anfallen. In der DDR wird die Braunkohle größtenteils in Form von Briketts verschwelt, und zwar durch **Spülgasschwelung** im **Lurgi-Spülgasschmelofen**, in dem Schwelöfen zu einer Ofengruppe vereinigt sind. Durch eine Beschickungseinrichtung werden die Braunkohlenbriketts gleichmäßig auf den gesamten Ofenquerschnitt verteilt. In der den oberen Teil des Ofens bildenden Trockenzone werden die 12 bis 14 % Wasser enthaltenden Briketts durch Heizgase von etwa 250 °C nahezu wasserfrei getrocknet. Durch rohrartige Verbindungsstücke („Schläuche“) sinken die Briketts in die Schwelzone. Hier werden sie von den etwa 700 °C heißen Spülgasen umspült und ausgeschwelt. Als Spülgas dient eine Mischung des zur Kokskühlung verwendeten Kühlgases mit heißen Verbrennungsgasen. Der durch kalte Schwelgase auf etwa 200 °C abgekühlte Koks wird kontinuierlich ausgetragen und abgeführt. Die aus der Schwelzone austretenden Gase werden bei einer Temperatur von 240 bis 250 °C über die nachgeschaltete Kondensationsanlage geführt. Im Vorkühler werden sie durch eingespritztes Schwelwasser auf 120 °C abgekühlt. Hierbei wird ein Teil des Teeres, der Vorkühler-teer, kondensiert. Gleichzeitig wird der mitgerissene Kohlenstaub ausgewaschen. Im Elektro-Gas-Reiniger (EGR) findet unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes von 50 000 bis 60 000 V Spannung eine Abscheidung des restlichen Teeres statt, der als EGR-Teer abläuft. In den beiden Querrohrkühlern wird das Schwelgas durch kaltes Kühlwasser weiter abgekühlt auf 20 °C, dabei kondensieren das im Gas enthaltene Mittelöl und Schwelwasser. Im Feldwascher werden die restlichen benzinartigen Kohlenwasserstoffe mit einem geeigneten Waschöl ausgewaschen. Das auf diese Weise gereinigte Schwelgas geht als Reingas zum Ofen zurück, wo es zur Beheizung des Trockners und Schwelschachtes verwendet wird. Ein kleinerer Teil des Schwelgases, das in seinem Heizwert etwa dem Generatorgas entspricht, wird dem Stadtgas zugemischt. Die größten Lurgi-Brikett-Schwelereien der DDR befinden sich in Espenhain mit 30 Öfen zu 460 bis 510 t Tagesdurchsatz und in Böhlen mit 24 Öfen und 450 t Tagesdurchsatz.

In geringem Umfang wird die S. nach dem Heizflächenverfahren (**Heizflächenschweling**) vorgenommen. Der hier verwendete Kogag-Geissen-Ofen besteht aus einem wellenförmigen, innen beheizten Zylinder, der in drei Minuten etwa eine Umdrehung macht. In einem äußeren feststehenden Zylinder rutscht die Kohle — gelenkt durch Leitbleche — über die rotierenden Heizflächen.



Schema eines Lurgi-Spülgasschmelzofens

Die S. von Steinkohle erfolgt nur von solchen Steinkohlearten, die sich nicht zur Verkokung eignen.

Bei der Kohleschweling ist der **Schwelkok** bezogen auf Menge und Heizwertanteil das Hauptprodukt. Der Braunkohleschwelkok bildet mattschwarze, hygroskopische Körner, ist sehr reaktionsfähig, selbstentzündlich und hat einen Heizwert von etwa 5600 kcal/kg. Man verwendet ihn zur Herstellung von Synthesegas (in Winklergeneratoren), zur Energieerzeugung (Staubfeuerung in Großkraftwerken) und in geringem Umfang auch als Dauerhausbrand unter der Bezeichnung Grude. Für metallurgische Zwecke ist er nicht geeignet. Aus dem **Schmelwasser**, einem unerwünschten Nebenprodukt, werden Phenol, Kresole und Xylenole gewonnen. Der **Schmelteer** weist bei einigen Braunkohlearten einen hohen Paraffingehalt auf, solcher von Steinkohle dagegen höhere Mengen an phenolischen Anteilen (→ Teer). **Schmelzgas** wird wegen seines geringen Heizwertes meist als Trocken- und Heizgas in der Schmelerei selbst verwendet oder zur Beheizung anderer Aggregate (z. B. Dampfkessel) abgegeben, z. T. aber auch dem Stadtgas zugemischt.

Über die S. des Holzes → Holzverkokung.

Lit. v. Alberti: Schwelbibel (Halle 1956); Rammner u. v. Alberti: Braunkohleschweling, Braunkohlenverkokung (Leipzig 1957), Technologie und Chemie der Braunkohlenverwertung (Leipzig 1962); Thau: Brennstoff-Schweling, 2 Bde (Halle 1949/50).

Schwenkabbau, → Tagebau.

Schwenkflügel, → Konvertiplan.

Schwenkschauellader, **Schwenkschaufler**, eine → Lademaschine (Schaufellader) zum un stetigen (diskontinuierlichen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut, eine Abart des → Frontladers. S. sind mit einem angebauten Kübel versehen, das Entladen erfolgt seitlich der Maschine durch Drehen (Schwenken) des Kübels. Je nach Verwendungszweck können auch andere Anbaugeräte verwendet werden (Schaufel, Greifer oder Gabeln). S. haben gegenüber Frontladern Vorteile, da beim Laden nicht die gesamte Maschine bewegt werden muß. Nachteilig ist der erhöhte Maschinenaufwand (komplizierter Bau und Wartung), deshalb wer-

den S. nur für kleine Baugrößen wirtschaftlich ausgeführt, z. B. für kleine Bauvorhaben, kleine Lager, landwirtschaftliche Betriebe. S. können auch zum Grabenziehen, zum Baugrubenaushub und zur Erdrückverladung verwendet werden.

Schwere, swv. → Schwerkraft.

Schwereanomalie, → Gravimetrie 2).

schwerer Wasserstoff, swv. → Deuterium.

schweres Wasser, → Wasser.

Schwerflüssigkeitsaufbereitung, **Schwertrübeaufbereitung**, **Sinkscheideverfahren**, ein Aufbereitungsverfahren zum Anreichern von Mineralen auf Grund der unterschiedlichen Dichte der Anteile. Beim **Kastensinkscheider** wird das Feststoffgemenge in eine Flüssigkeit gegeben, deren Dichte zwischen den Dichten der zu trennenden Anteile liegt. Das leichtere Gut schwimmt auf der Oberfläche, das schwerere sinkt zu Boden. Bei Erzen können z. B. die Erzteilchen absinken, während die Gangart auf der Flüssigkeit schwimmt. Es gibt noch Sinkscheider mit mechanischen Einbauten, die nach dem gleichen Abscheideprinzip arbeiten. Als Trennmedien eignen sich organische Flüssigkeiten hoher Dichte. Da diese Stoffe aber im allgemeinen teuer und gesundheitsschädlich sind, verwendet man in der Praxis Aufschlammungen feinkörniger Feststoffe großer Dichte. Solche Schwerstoffe sind z. B. Quarzsand, Ferrosilizium und Magnetit.

Schwerkraft, **Schwere**, ein Sonderfall der → Massenanziehung. Die S. ist die Massenanziehung zwischen dem Erdkörper und Körpern, die sich auf ihm und in seiner Nähe (im **Schwerefeld**) befinden. Die an der Erdoberfläche gemessene S. ergibt sich als Resultierende aus der Massenanziehung und der durch die Erdrotation bedingten Fliehkraft. Als **Normalschwere**, Zeichen γ_0 , bezeichnet man die S. auf dem Meeresniveau, die sich bei Annahme einer homogenen Erdkruste ergeben würde. Sie wird in → Gal gemessen. Die S. ist eine Funktion der geographischen Breite ϕ und nimmt infolge der Fliehkraftabnahme und der Abplattung der Erde vom Äquator (978,05 Gal) zu den beiden Polen (983,22 Gal) hin zu. Die wirkliche S. weicht infolge örtlicher Besonderheiten der Erdkruste von der Normalschwere ab, und zwar an einzelnen Orten bis zu 0,2 Gal (**Schwereanomalien**, → Gravimetrie).

Schwerlastfahrzeuge, 1) Straßenroller, ein Kraftwagenanhänger zum Transport großräumiger und schwerer Lasten (Bagger, Transformator u. dgl.). S. haben einen niedrigen Rahmen, sind mit einer größeren Zahl (bis 16) Rädern mit Luft- oder Hochelastikreifen versehen und all-achsrig lenkbar. Zum Transport von Eisenbahnwagen sind die S. mit Schienen ausgerüstet. **Tiefladewagen** sind S. mit zwischen den Achsen tief angeordneter Ladefläche (Nutzmasse bis 60 t). Sie weisen oft ausfahrbare Achsen und ein Hebewerk auf, die es ermöglichen, die Ladefläche zum Be- und Entladen abzusenken. S. werden von schweren Zugmaschinen gezogen.

2) → Schwerwagen.

Schwermetalle, Metalle, deren Dichte größer als 5 ist. Das leichteste der S. ist Europium, das schwerste Osmium. Zu den S. zählen die meisten Gebrauchsmetalle. Die wichtigsten S. sind: Eisen, Kupfer, Blei, Zink, Zinn, Nickel, Chrom, Wolfram, Molybdän, Kadmium, Kobalt, Niob, Tantal, Plutonium, Uran, Vanadium, Quecksilber, Silber, Gold, Platin und die Metalle der Lanthanreihe. Unterschied: → Leichtmetalle.

Schwerminerale, Minerale mit einer Dichte über 2,9 g cm⁻³, die in geringen Mengen in Gesteinen auftreten (akzessorische Minerale) und meist verwitterungsbeständig sind, z. B. Zirkon, Anatas, Rutil, Turmalin, Titanit, Epidot, Granat, Staurolith, Disthen u. a. Mit Hilfe der **Schwermineralanalyse** (Auszahlung der Häufigkeit der

verschiedenen Arten) kann bei sandigen Sedimenten die Herkunft des Materials ermittelt werden.

Schweröl, eine bei der Erdölaufbereitung und bei der Destillation von Steinkohlenteer gewonnene Fraktion zwischen 230 und 270 °C. S. ist eine gelbe, flüssige bis breiige Masse der Dichte von $1,04 \text{ g cm}^{-3}$. Durch weitere Aufarbeitung erhält man das Naphthalinöl I, das dem Mittelöl entspricht, das Naphthalinöl II, das bis zum Aufhören der Naphthalinausscheidung aus dem Destillat erhalten wird, und einen Rückstand, der dem Anthrazenöl zugegeben wird. Das Naphthalinöl II und auch andere Rückstände dienen nach der Entfernung der wertvollen Inhaltsstoffe (z. B. Naphthalin, Phenanthren) als Heizöl, Treiböl, Benzolwaschöl, Imprägnieröl (Karbolineum) u. a. **Schwerpunkt**, der Punkt eines Körpers, in dem die Resultierende aller auf seine verschiedenen Teile wirkenden Schwerkraften angreift. Die gesamte Masse des Körpers, d. h. die Summe aller Masseteilchen, kann in diesem Punkt vereinigt gedacht werden (→ Gleichgewicht). Deshalb wird der S. auch als **Massemittelpunkt** bezeichnet.

Hängt man einen Körper auf, so liegt der S. im Ruhezustand lotrecht unter dem Aufhängepunkt. Der **Schwerpunktsatz** lautet: Wirken auf einen Körper äußere Kräfte, dann bewegt sich sein S. wie ein Massepunkt, in dem die Gesamtmasse des Körpers vereinigt ist und an dem die äußeren Kräfte angreifen. Innere Kräfte haben auf die Bewegung des S.s keinen Einfluß.

Schwerspat, svw. → Baryt.

Schwerspülung, → Bohrung.

Schwertrübeaufbereitung, svw. → Schwerflüssigkeitsaufbereitung.

Schwerwagen, ein Eisenbahnwagen, der außergewöhnlich schwere Einzellasten aufnehmen kann und dabei die zulässige → Achslast oder → Meterlast (im allgemeinen 18 Mp oder 4,5 Mp/m) überschreitet. Es handelt sich bei den S. meist um Tiefladewagen mit maximal 20 Achsen für Transformatoren, sehr große Maschinenteile u. dgl.

Schwimmen, die unter bestimmten Umständen auftretende Eigenschaft des Körpers, von einer Flüssigkeit getragen zu werden. Das S. tritt dann ein, wenn der → Auftrieb größer ist als das Gewicht des Körpers oder, anders ausgedrückt, wenn die Dichte des Körpers kleiner ist als die der Flüssigkeit. Ist jedoch die Dichte der Flüssigkeit kleiner als die des Körpers, so sinkt dieser; sind beide Dichten einander gleich, so schwebt der Körper in der Flüssigkeit; er ist in jedem Flüssigkeitsniveau im Gleichgewicht. Im ersten Fall (Auftrieb größer als Gewicht des Körpers), der als **passives S.** bezeichnet wird, ist der Körper nur dann im Gleichgewicht, wenn er so tief eintaucht, daß die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge genau so viel wiegt wie er selbst. Man kann einen Körper mit großer Dichte dadurch zum S. bringen, daß man ihn mit einem Körper kleinerer Dichte in Verbindung bringt (koppelt), so daß beide Körper zusammen weniger wiegen als das Wasser, das von ihnen bei völligem Untertauchen verdrängt würde. So bilden z. B. Schiffe mit der in ihrem Körper befindlichen Luft zusammen einen im Mittel spezifisch leichteren Körper als Wasser. Ferner beruht hierauf die Wirkung von Schwimmblasen und Schwimmgürteln.

Schwimmer, 1) eine Vorrichtung bei Strömungsapparaten, z. B. Vergasern, die über ein Absperrventil den Stand einer Flüssigkeit regelt.

2) → Flugzeug.

Schwimffahrzeug, ein schwimmfähiges Kraftfahrzeug, das sich sowohl auf dem Lande als auch im Wasser fortbewegen kann (→ Amphibienfahrzeug). S.e sind mit Rädern oder Gleisketten aus-

gerüstet und haben wasserdichte, schwimmfähige Karosserien. Die Fortbewegung im Wasser geschieht meist durch Schrauben- oder Wasserstrahlantrieb, nur noch vereinzelt durch speziell ausgebildete Gleisketten mit seitlichen Schaufeln. S.e — z. B. Schwimmschützenpanzerwagen (→ Schützenpanzerwagen) und Schwimmpanzer (→ Panzer) — sind in jeder modernen Armee vorhanden; mit ihrer Hilfe werden Flüsse und Seen überwunden bzw. Truppen oder Kampftechnik übergesetzt.

Schwimmstoffabscheider, eine Vorrichtung zum Entfernen von Schwimmstoffen (z. B. Benzin, Fett, Öl) aus Wässern. **Benzinabscheider** (**Benzinfänger**) sind z. B. bei Großgaragen zu finden, **Fettabscheider** (**Fettfänger**) in Abwasserleitungen von Großküchen u. dgl., **Ölabscheider** (**Ölfänger**) bei Abwasserreinigungsanlagen der Erdölverarbeitung z. B. als Vorstufe. S. bestehen aus besonders gestalteten Becken, in denen in bestimmter Anordnung Tauch- oder Sperrwände eingebracht sind. Diese verhindern einen Ablauf unerwünschter Schwimmstoffe in das städtische Abwasserleitungsnetz oder in die Vorfluter. Bei Fettfängern wird oft an der Sohle Druckluft eingeleitet, dadurch tritt eine starke Schaumbildung ein, und zusammen mit den aufsteigenden Luftblasen wird das Fett ausgeschäumt.

Schwimmweste, ein Seenotrettungsmittel. Die S. besteht aus einer Anzahl zu einer Weste verarbeiteter, schlauchförmig abgesteppter Taschen aus Klötzelleinen oder Dederon. Die Taschen sind locker mit Platten aus Kork, Balsaholz oder Schaumstoff (z. B. Ekazell) gefüllt. Ein mit Schaumstoff gefüllter Kragen der Weste dient als Kopfstütze und hält den Kopf eines bewußtlosen Menschen über Wasser. Weste und Kragen werden vorn durch Bänder geschlossen. An der S. befinden sich ein Bündel mit Trillerpfeife und eine Tasche mit einem Farbbeutel, dessen Inhalt nach dem Öffnen einen orangefarbenen Fleck auf dem Wasser erzeugt. S.n müssen in Frischwasser 8 kp 24 Stunden lang tragen. Für jede an Bord befindliche Person muß eine S. vorhanden sein.

Schwinden, 1) bei metallischen Werkstoffen die Volumenverminderung vom Beginn des Erstarrens einer Schmelze bis zum Erreichen der Raumtemperatur. Beim Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand tritt bei den meisten Metallen und Legierungen eine Volumenabnahme ein, die das Entstehen von Hohlräumen (Lunkern) zur Folge hat. Eine Volumenzunahme während des Erstarrens erfolgt z. B. bei Antimon, Wismut und graphithaltigem Gußeisen. Beim Abkühlen im festen Zustand tritt immer eine Volumenabnahme ein, die vielfach als Schrumpfen bezeichnet wird. Den Längenunterschied, den ein Gußstück bei Raumtemperatur gegenüber den Abmessungen der Gießform aufweist, bezeichnet man als Schwindmaß. Es muß bei der Herstellung der Gießform berücksichtigt werden und beträgt z. B. bei graphithaltigem Gußeisen etwa 1%, bei Stahlguß etwa 2%. Schriftmetalle aus Blei, Zinn und Antimon weisen nahezu keine Schwindung auf.

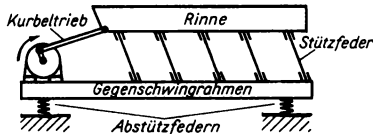
2) bei nichtmetallischen Werkstoffen die Verringerung des Volumens durch Abgabe von Wasser. Beton schwindet z. B. während des Erhärtens, Holz während des Trocknens. Die Volumenzunahme z. B. des Holzes durch Aufnahme von Wasser nennt man Quellen.

Schwingantrieb, elektromechanischer Antrieb für eine Translationsbewegung. Durch einen mit Wechselstrom oder pulsierendem Gleichstrom gespeisten Elektromagneten wird ein Anker aus ferromagnetischem Material hin- und herbewegt. Die Rückstellung des Ankers in die Ruhelage kann auch durch eine Feder erfolgen. Der S.

wird hauptsächlich bei elektrischen Kleinstgeräten, z. B. in elektrischen Rasierapparaten, angewendet.

Schwinge, ein Getriebeglied, das um seinen gegenüber einem Bezugssystem festen Drehpunkt hin und her schwingt, aber nicht umläuft. Die S. ist meist Abtriebsglied.

Schwingförderer, ein Fördermittel zum stetigen waagerechten, geneigten oder bei besonderer Ausbildung senkrechten Transport von Schüttgütern. Das Fördergut wird in eine offene oder geschlossene Rinne aufgegeben, die sich in einer ungleichförmig hin- und hergehenden kreisförmigen oder ellipsenförmigen Bewegung befindet. Je nach Größe der Amplitude und der Frequenz unterscheidet man zwischen Gleit- oder Beschleunigungsverfahren (Schüttelrutsche) und Wurfverfahren (Schwingfördererinne). **Schüttelrutschen** arbeiten mit 50 bis 300 mm Amplituden bei 0,7 bis 1,7 Hz (Hertz) Frequenz. Der Antrieb wird so ausgelegt, daß das Fördergut beim Hingang auf der Rinne beschleunigt wird. Die Bewegungsrichtung der Rinne ist gleich der Förderrichtung oder weicht nur wenig von dieser ab. Am Ende der Bewegung ist die Verzögerung der Rinne so groß, daß der Reibschluß zwischen Fördergut und Rinne überwunden wird. Auch noch während des Rückganges der Rinne gleitet das Fördergut so lange, bis seine kinetische Energie durch die Gleitreibung aufgebraucht ist. **Schwingfördererinnen** (Vibrationsmaschinen) arbeiten mit 0,05 bis 15 mm Amplituden bei 5 bis 100 Hz Frequenz. Sie werden durch den Antrieb zu harmonischen Schwingungen angeregt, wobei die Bewegungsbahn der Rinne im spitzen Winkel zur Förderrichtung liegt, so daß sich das Fördergut von der Rinne abhebt. Schwingfördererinnen werden durch Kurbeltriebe, Unwuchtantriebe oder elektromagnetische Vibratoren angetrieben.



Schwingfördererinne mit Kurbeltrieb

Es können alle nicht klebenden Schüttgüter transportiert werden. Schwingfördererinnen werden zur Förderung, die auch mit technologischen Prozessen wie Klassieren, Kühlen, Trocknen u. a. verbunden sein kann, und als Abzugs- und Zuteileinrichtungen eingesetzt. **Wendelschwingrinnen** arbeiten nach dem Wurfverfahren. Sie bestehen aus einer um eine vertikal stehende Achse schraubenförmig gewundenen Rinne. Diese wird durch zwei um 180° versetzte Vibratoren in eine Pendelbewegung um die vertikale Achse versetzt, wodurch eine senkrechte Förderung erzeugt wird.

Schwingkreis, **Schwingungskreis**, **Resonanzkreis**, ein elektrisches Schaltglied aus Induktivität L und Kapazität C , das bei einer bestimmten Frequenz, die der Eigenfrequenz entspricht, hinsichtlich elektromagnetischer Schwingungen Resonanzeigenschaft zeigt. Je nachdem, ob L und C in Reihe oder parallel geschaltet sind, spricht man von **Reihen-** oder **Parallelresonanzkreis**. Bei Erregung mit der Resonanzfrequenz ω verhält sich der S. wie ein Ohmscher Widerstand R , dabei ist $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ($\omega = 2\pi f$, $f =$

Frequenz). Falls man beim Parallelresonanzkreis die Verluste der Induktivität berücksichtigen muß, verschiebt sich die Resonanz etwas, beim Reihenkreis bleibt sie erhalten. Bei Erregung eines S.es durch eine Wechselstromquelle mit der Resonanzfrequenz ist in Reihenschaltung

die Gesamtspannung kleiner als die an L und C liegenden, aber einander entgegengesetzt gerichteten Teilspannungen; dadurch stellt der Kreis einen kleinen Widerstand dar (ohne Verluste Kurzschluß). In dieser Schaltung verwendet man den S. als \rightarrow Saugkreis. Bei paralleler Schaltung hat der Strom ein Minimum, und der Kreis stellt einen hohen Widerstand (ohne Verluste unendlich) dar, wobei die in L und C fließenden Ströme gegenphasig sind. Aus diesem Grunde benutzt man den Parallelkreis auch als \rightarrow Sperrkreis. Die Resonanzschärfe der Kreise (**Kreisgüte**) nimmt mit zunehmenden Verlustwiderständen ab. Im normalen Rundfunkwellenbereich (\rightarrow Rundfunktechnik) kann man L und C durch Spule und Kondensator darstellen; im Gebiet der Hörschwingungen sind die S.e einfache Drahtschleifen, \rightarrow Topfkreise oder \rightarrow Hohlraumresonatoren. — Durch Kopplung mehrerer S.e entsteht das \rightarrow Bandfilter.

Schwinglappen, swv. \rightarrow Ultraschallbohren.

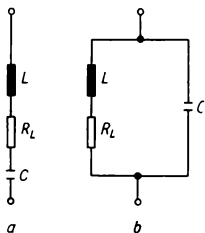
Schwingmetall, ein Maschinenbauteil aus stählernen Platten mit zwischengelagertem Gummiklotz zur elastischen Lagerung und zum Abfangen von Schwingungen und Geräuschen.

Schwingmühle, eine Maschine zum Feinzerkleinern von harten bis mittelharten Stoffen, z. B. von Farben, keramischen Stoffen. Die S. besteht aus einem oder mehreren zylindrischen oder trogähnlichen Mahlbehältern, die auf Federn als Freischwinger gelagert sind und durch eine umlaufende Unwuchtelle zu Kreisschwingungen (Kreisschiebungen) angeregt werden. Dadurch führen im Mahlfäß befindliche Mahlkörper (meist Kugeln) Wurfbewegungen aus und zerkleinern auf diese Weise vorwiegend durch Schlag das Mahlgut. Die S. kann satzweise und kontinuierlich arbeiten.

Schwingquarz, **Piezoquarz**, ein aus einem piezoelektrischen Quarzkristall in geeigneter Weise herausgeschnittenes Quarzplättchen, das beidseitig metallisiert und in einer Halterung im allgemeinen luftdicht abgeschlossen ist. Der S. führt im elektrischen Wechselfeld intensive Deformationsschwingungen (Longitudinal-, Torsions- oder Biegeschwingungen) aus, wenn die Frequenz des Wechselfeldes mit der Eigenfrequenz des Quarzplättchens übereinstimmt. Durch diese Schwingungen wird in dem Quarzplättchen eine dielektrische Polarisierung (\rightarrow Polarisierung 2) gleicher Frequenz erzeugt. Die Polarisationswechselspannung dient als Steuerspannung. Da die Eigenfrequenz des S.es konstant ist und nur in sehr geringem Maße von der Temperatur abhängt, wird er in elektrischen Schwingkreisen zur Frequenzstabilisierung benutzt, z. B. in Quarzsendern, Empfängern und Quarzuhren. Die Temperaturabhängigkeit eines S.es läßt sich durch Einbau in einen Thermostaten fast völlig ausschalten. Durch elektrische Wechselfelder zu Deformationsschwingungen angeregte Schwingquarze werden auch als Ultraschallquarze verwendet.

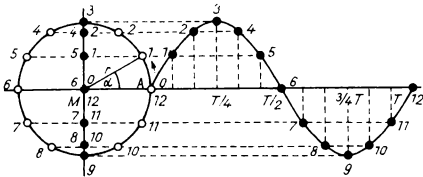
Schwingungsschleifen, \rightarrow Ziehschleifen.

Schwingung, **Oszillation**, **Vibration**, jede zeitliche periodische Zustandsänderung einer Größe (z. B. bei Pendel, Saite, Schallschwingungen der Luft, elektromagnetische S.en durch periodische Änderung der elektrischen und magnetischen Feldstärke usw.). Am einfachsten lassen sich die Verhältnisse bei den mechanischen S.en übersehen. Eine an einer Feder hängende Masse führt **harmonische S.en** aus, solange die rücktreibende Kraft proportional der **Auslenkung** oder **Elongation** ist (**lineare S.**). Die **Schwingungsdauer** T ist dann unabhängig von der **Schwingungsweite** oder **Amplitude** A und wird nur durch die Größe der Federkonstanten und der Masse bestimmt. Die Frequenz $f = 1/T$ gibt die Anzahl der S.en in der Zeiteinheit an. $\omega = 2\pi f$ ist die Kreis-



Schaltungen a des Reihenresonanzkreises, b des Parallelresonanzkreises; L Induktivität (Spule), C Kondensator, R_L Verlustwiderstand der Spule

frequenz; sie stellt die Winkelgeschwindigkeit eines Körpers dar, der sich mit der Frequenz f dreht. Jede harmonische S. läßt sich demnach auf eine Kreisbewegung zurückführen, und es gilt für die Schwingungsweite $\alpha = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$ (Sinusschwingung); dabei ist $\omega t + \varphi_0$ der *Phasenwinkel*, φ_0 die Anfangsphase zur Zeit $t = 0$. Zur Veranschaulichung des zeitlichen Ablaufes läßt man einen Kreis mit Radius $r = A$ und der Winkelgeschwindigkeit ω rotieren; dann führt die Projektion eines Punktes auf dem Kreisumfang auf einen Kreisdurchmesser eine harmonische S. aus. Trägt man diese Projektion in Abhängigkeit vom Drehwinkel auf, dann erhält man die in der Abb. 1 angegebene Sinuskurve. Den Bruchteil der Schwingungsdauer T , der zwischen zwei verschiedenen Schwingungszuständen liegt, bezeichnet man als *Phasendifferenz*. Diese wird oft auch in Teilen von 2π angegeben, da ε einem Phasenwinkel von $\omega \cdot T = 2\pi \cdot f \cdot \frac{1}{f} = 2\pi$ entspricht. Weiteres \rightarrow harmonische Bewegung.



1 Zeit-Weg-Diagramm einer harmonischen Schwingung

Torsionsschwingungen (\rightarrow Verdrehung) sind ebenfalls harmonische S.en, während die Pendelbewegung nur bei kleinen Amplituden als harmonisch angesehen werden kann.

Jeder beliebige periodische Vorgang kann nach Fourier in eine Grundschwingung und in Oberschwingungen zerlegt werden, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind. Beispiele nicht harmonischer S.en sind z. B. \rightarrow Kipperschwingungen, \rightarrow Klang und allgemein Impulsfolgen mit gleichen zeitlichen Abständen. Bei **ungedämpften S.en** (Abb. 2a) bleibt die Amplitude konstant. Treten Reibungskräfte auf, die eine stetige Verkleinerung der Amplitude verursachen, dann spricht man von **gedämpften S.en** (Abb. 2b). Ist die Dämpfung so stark, daß nach einmaliger Auslenkung die Ruhelage gerade erreicht wird, ohne nochmals darüber hinauszuschwingen, dann liegt der *aperiodische Fall* (Abb. 2c) vor. Weiteres \rightarrow Dämpfung.

Werden zwei schwingungsfähige Gebilde durch elastische Kräfte verbunden (etwa zwei Pendel, die durch eine Feder zusammenhängen), so bilden sich **Koppelschwingungen** aus. Die Energie wandert dabei zwischen den beiden Teilsystemen hin und her, und es treten \rightarrow Schwebungen auf.

S.en, die nach einem einmaligen äußeren Anstoß entstehen, sind **freie S.en**. Sie sind infolge der fast immer auftretenden Energieverluste meist gedämpfte S.en. Wird der Anstoß periodisch wiederholt, dann ergeben sich **erzwungene S.en**. Ihre Amplitude hängt von der Größe und Frequenz der antreibenden Kraft und der Dämpfung ab; sie erreicht ihr Maximum, wenn die Frequenz der Erregung mit der Resonanzfrequenz (bei kleiner Dämpfung gleich der Eigenfrequenz, \rightarrow Eigenschwingung) des Systems übereinstimmt. Dies wird vor allem in der Hochfrequenztechnik ausgenutzt, \rightarrow Schwingkreis. Resonanzschwingungen können bei Bauwerken, Maschinen usw. gefährlich werden, wenn bei kleiner Dämpfung die Amplitude so groß wird, daß eine Zerstörung des betreffenden Teiles eintritt. Pflanzen sich S.en in den Raum fort, so entstehen \rightarrow Wellen.

Lit. Barkhausen: Einführung in die Schwingungslehre (6. Aufl. Leipzig 1958); Recknagel: Physik — S.en und Wellen, Wärmelehre (6. Aufl. Berlin 1967); Schuler: Mechanische Schwingungslehre (TI 1 2. Aufl. Leipzig 1958, TI 2 1959); Weigand: Einführung in die Berechnung mechanischer S.en, 3 Bde (Berlin 1955/58, Leipzig 1962); Andronow, Witt, Chaikin: Theorie der S.en, TI I (dtsch Berlin 1964).

Schwingungsfestigkeit, \rightarrow Dauerschwingfestigkeit.

Schwingungsweite, svw. \rightarrow Amplitude.

Schwingzylindermaschine, \rightarrow Zylinderdruckmaschine.

Schwunderscheinungen, Fading, in der Funktechnik Schwankungen der Empfangsfeldstärke beim drahtlosen Empfang, die sich in kurzzeitiger Verstärkung oder Schwächung (bis zur völligen Auslöschung) des Empfangs äußern. Rundfunkempfänger haben im allgemeinen eine Einrichtung, um die durch die Feldstärkeschwankungen bedingten Lautstärkeschwankungen durch Regelung der Verstärkung auszugleichen. Diese Einrichtung nennt man **Schwundregelung** oder **automatische Verstärkungsregelung (AVR)**. **Schwungrad**, ein Scheiben- oder Speichenrad mit schwerem Kranz. Es vermag, auf die Betriebs-Umdrehungszahl gebracht, infolge seiner Trägheit große Energiemengen in Form von Bewegungsenergie zu speichern und jederzeit wieder abzugeben (mechanischer Energiespeicher). Das S. ist hauptsächlich bei Kolbenmaschinen nötig, um die Totlagen des Kurbelgetriebes zu überwinden und gleichmäßigen Gang der Maschine zu bewirken.

Scraper, svw. \rightarrow Schürfkübelwagen.

Se, Symbol für \rightarrow Selen.

Sealing, svw. Nachverdichtung, \rightarrow anodische Oxydation.

sec, Zeichen für Sekans, eine \rightarrow Winkelfunktion.

SECAM-Verfahren, \rightarrow Farbfernsehen.

Sechsfächner, svw. Hexaeder, \rightarrow Würfel.

Sechskomponentenwaage, \rightarrow Windkanal.

SEC-Vidikon, eine dem \rightarrow Ebicon ähnliche Bildaufnahmerröhre.

Sediment, \rightarrow Gestein.

Sedimentation, svw. \rightarrow Ablagerung.

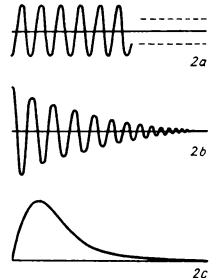
Sedimentieren, svw. \rightarrow Absetzen.

Sedimentpetrographie, Lithologie, die Lehre von der Zusammensetzung, Bildung und Diagenese der Sedimentgesteine.

Lit. Ruchin: Grundzüge der Lithologie (dtsch Berlin 1958), \rightarrow Mineralogie.

See, 1) m, eine Wasseransammlung in einer natürlichen geschlossenen Hohlform der Landoberfläche (Seebecken) ohne unmittelbaren Zusammenhang mit dem Meer. Die Seebecken sind entweder durch Eintiefung oder durch Abdämmung gebildet. Die *Eintiefung* kann durch Bewegungsvorgänge der Erdkruste, Grabensenkung, vulkanische Explosionen (\rightarrow Maar), Fluß- und Eiserosion (z. B. Rinnenseen) und Einsturz unterirdischer Hohlräume infolge von Auslaugung (vor allem in Karstgebieten) entstehen, die *Abdämmung* durch Gletschereis, Moränen (Endmoränenseen), Bergstürze, Ausschmelzen von Gletschereis und Schuttkegel der Nebenflüsse.

Die S.n werden gespeist durch Niederschläge, einmündende Flüsse, Quellen und Grundwasser; sie geben ihr Wasser ab durch Verdunstung, oberflächlichen und unterirdischen Abfluß oder haben nur in feuchten Perioden Abfluß oder trocknen ganz aus (temporäre S.n). Die meisten S.n der humiden Gebiete schalten sich in einen Flußlauf ein (**Durchflußseen**, **Schaltseen**, z. B. Bodensee und Havelseen); in den S.n der ariden Gebiete erreicht meistens ein Flußlauf durch Verdunstung sein Ende (Endsee, z. B. Aralsee). **Salzseen** sind durch salzhaltige Quellen gespeiste (z. B. Mansfelder See bei Eisleben) oder ganz oder teilweise abflußlose Seen in ariden Gebieten, in denen der durch Flüsse zugeführte Salzgehalt



2a ungedämpfte Schwingungen, 2b gedämpfte Schwingungen, 2c aperiodischer Fall

infolge von Verdunstung des Wassers stetig steigt.

2) *f*, das → Meer.

Seebär, eine plötzliche, durch meteorologische Ursachen (z. B. Gewitterböen) bedingte kurzperiodische Wasserstandsschwankung an der Nord- und Ostseeküste. S. en treten nur selten auf.

Seebau, ein Teilgebiet des → Wasserbaus, umfaßt alle Maßnahmen zur Erhaltung der Meeresküste einschließlich Arbeiten für den Bau und Ausbau der Seehäfen mit allen Nebenanlagen, wie Molen, Wellenbrecher, Kais, Leitwerke, Leitdämme u. a. Ferner gehören dazu alle Arbeiten für Bau und Unterhaltung der auf die freie See führenden Schifffahrtsstraßen einschließlich der Flußmündungen sowie der Seewasserstraßen und Seekanäle. Der S. übernimmt auch alle Arbeiten zum Schutz der Ländereien durch Seedeiche gegen den Angriff der See. Hilfsmittel zum Schutz der Küsten sind die Begünstigung der Dünenbildung durch Wind (Errichten von Zäunen u. dgl.), die Bepflanzung oder Befestigung der Dünen und der Bau von Küstenschutzwerken (Seebuhnen, Längswerke und Deckwerke).

Lit. → Wasserbau.

Seeboden, → Erdboden.

Seebeck-Effekt, → Thermoelektrizität.

Seefischerei, der wichtigste Zweig der Fischerei, nutzt auf der Basis eines hohen Technisierungsgrades überwiegend extensiv die Fischproduktion (etwa 85 % des Gesamtfanges), die Zwischenproduktion (wirbellose Fangobjekte = etwa 13 % des Gesamtfanges) und die Urproduktion (Plankton und Algen = etwa 2 % des Gesamtfanges) der Weltmeere. In der DDR wird die S. in Abhängigkeit von wirtschaftlichen, technischen und geographischen Faktoren eingeteilt in 1) **kleine Küstendfischerei**, die Fischerei in Rand- und Küstengewässern bis 3 sm (Seemeilen) Küstentfernung; 2) **Küstendfischerei**, die Fischerei in 3 bis 10 sm Abstand von der Küste; 3) **erweiterte Küstendfischerei**, die Fischerei in der Ostsee und den Nordseezugängen; 4) **kleine Hochseefischerei**, die Fischerei in der Nordsee, dem englischen Kanal und dem Nordmeer bis 64° n. B. und 14° w. L.; 5) **große Hochseefischerei**, die Fischerei in allen Meeren über den Bereich der kleinen Hochseefischerei hinaus. Dabei liegen die Hauptfanggebiete auf dem Schelf und in den Flachwassergebieten bis 500 m Tiefe, daneben werden mit speziellen Fischfängergeräten auch Oberflächenzonen der Tiefsee befischt.

In der S. gibt es eine Vielzahl von Fangverfahren, die — z. T. nach genauer Lokalisierung der Fischvorkommen (→ Fischortung) — mit entsprechenden → Fischfängergeräten von verschiedenen speziellen → Fischereifahrzeugen aus betrieben werden. Die international bedeutsamsten Betriebsarten sind 1) die **Angelfischerei** mit Hand-, Treib- und Schleppangeln sowie Langleinen; 2) die **Reusenfischerei** mit Reusen verschiedener Formen, die Hauptmethode der Küstendfischerei an Küsten mit geringer Fluthöhe; 3) die **Netzfischerei** mit Stell- und Treibnetzen in der Küsten- und Hochseefischerei; 4) die **Wadenfischerei** mit Snurre- und Ringwaden in der Küsten- und Hochseefischerei; 5) die **Schleppnetzfischerei** mit Grund- oder pelagischen Schleppnetzen, die bedeutendste Betriebsart im nordwesteuropäischen Raum und Hauptbetriebsart der DDR-Fischfangflotte.

In jüngster Zeit wurde in Zusammenhang mit dem Aufsuchen weiter entfernter Fangplätze die **Flottillenfischerei** eingeführt, um dem sinkenden Verhältnis Fangzeit: Reisezeit entgegenzuwirken. Gegenwärtig finden zwei Varianten Anwendung: 1) Einsatz einer Fangschiffbrigade mit Transportschiff, das die Versorgung der Fangschiffe und den Transport des Fanges durch-

führt; 2) Einsatz eines Fabrikschiffes mit Fangschiffen als Zubringer, um die Verarbeitungskapazität auszulasten und durch Fabrikschiffwechsel die Fangzeit der Fangschiffe auszudehnen.

Lit. Wundsch: Fischereikunde (2. Aufl. Radebeul 1960); Bobzin, Finnern, Rusch: Fischfangtechnik — Fangtechnologie (Berlin 1967); Ztschr. Fischereiforschung (Rostock), Seeverkehr (Berlin), Deutsche Fischereizeitung (Radebeul).

Seegang, → Meereswellen.

Seehöhe, → Normalnull.

Seekarte, nautische Karte, eine der Schifffahrt dienende Karte der Meere und Küstengewässer, die alle zur Ortung notwendigen Angaben enthält. Auf den S. sind die auf eine Nullebene (Seekarten-Null) bezogenen Wassertiefen in Tiefenzahlen und mittels Isobathen (Linien gleicher Wassertiefe) angegeben, ferner Sandbänke, Klippen, die Positionen der verankerten Seezeichen (Feuerschiffe, Tonnen) mit ihren → Kennungen, die Zwangswege sowie der Küstensaum mit den für die Ortung wichtigen Objekten (Leuchttürme, Funkfeuer, markante Bauwerke, Berge u. a.). Nach dem Maßstab unterscheidet man **Hafenpläne** (Maßstab 1:5000 bis 1:20000), **Küstenkarten** (1:50000 bis 1:200000), **Kurskarten oder Segelkarten** (1:200000 bis 1:1 Million) und **Übersichtskarten** (1:1 Million bis 1:5 Millionen). Während der Fahrt eines Schiffes wird in S. der Kurs eingetragen. S. sind großenteils im Mercatortentwurf, Übersichtskarten auch in zentralperspektivischem Entwurf gezeichnet (→ Kartennetzentwürfe). Die Seevermessung liefert das Material für Laufendhaltung und Neuherstellung der S., die in kurzen Abständen erfolgen muß.

Lit. Scharnow: S., Kompaß und Radarschirm (Berlin 1962).

Seele, der innere Teil, z. B. bei Feuerwaffen die zylindrische Bohrung des Laufs oder Rohrs, beim Drahtseil der innere Hanfkern, beim Tau die innere Litze.

Seemeile, Kurzz. **sm**, gesetzliche Längeneinheit in der See- und Luftfahrt. Die S. ist ursprünglich als der 60ste Teil eines Grades des Meridianquadranten der Erde festgelegt worden (nach den Dimensionen des Internationalen Ellipsoids = 10002288,29 m). 1928 legte das Hydrographische Büro in Monaco die S. mit 1852 m fest.

Im Englischen wird die S. als **nautical mile** bezeichnet, → mile.

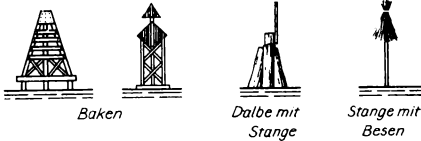
Seenotrettungsgeräte, für alle Schiffe sowie bei Flügen über Wasserflächen für Flugzeuge vorgeschriebene Rettungsgeräte für den Seenotfall. S. für die Schifffahrt sind → Rettungsringe, → Schwimmwesten, → Rettungsflöße oder Rettungsinseln, → Rettungsboote, → Leinenwurfgeräte, für die Luftfahrt außer Schwimmwesten und Rettungsflößen auch Schlauchboote.

Seenotruf, → Notsignal.

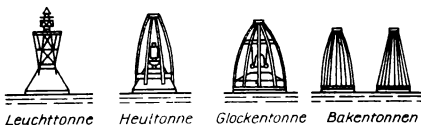
Seezeichen, bauliche Einrichtungen, die zur Erkennung des schiffbaren Teils eines Gewässers, zur Ansteuerung eines Hafens, zur seitlichen Begrenzung des Fahrwassers und zur Bezeichnung von Untiefen oder Wracks dienen. Sie ermöglichen eine sichere Navigation und Standortbestimmung. **Feste S.** sind Leuchttürme, Baken, Dalben (mit oder ohne Stange bzw. Spiere), in flachen Gewässern auch Pricken (junge in den Grund gesteckte Bäume) und Stangen (mit oder ohne Besen). **Schwimmende S.** sind Feuerschiffe und Tonnen, d. s. Schwimmkörper aus Stahlblech, die am Grunde verankert sind. Nach der Form unterscheidet man Baken-, Spieren-, Spitz-, Stumpf-, Fuß- und Kugeltonnen. Manche Tonnen sind mit einer Leuchtvorrichtung (Leuchtonne) oder mit einer durch den Seegang betätigten Pfeife (Heultonne) oder Glocke (Glockentonne) ausgerüstet, häufig auch mit Radarreflektoren.

Die S. werden nach bestimmten, international noch nicht einheitlichen Regeln ausgelegt (Genf 1938). Die Fahrwasserbetonung geschieht nach dem **Lateralsystem**: Am Fahrwassereingang von See aus liegen Ansteuerungstonnen, im

festen Seezeichen



schwimmende Seezeichen



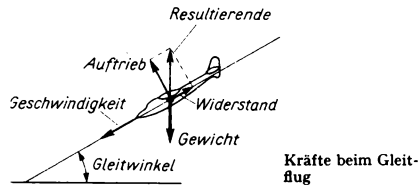
allgemeinen schwarze (Steuerbord) oder rote (Backbord) oder schwarz-rot gestreifte (Mitte) Baken- oder Spitztonnen mit einem Toppteichen, oder ein Feuerschiff. Auf der Steuerbordseite des Fahrwassers werden schwarze Spitz- oder Bakentonnen, Baken, Dalben oder Stangen, auf der Backbordseite rote Spieren-, Stumpf-, Spitz- oder Bakentonnen, Baken, Dalben mit Spieren, Stangen oder Pricken, in Fahrwassermitte schwarz-weiß oder schwarz-rot gestreifte Baken- oder Spitztonnen mit schwarzem Doppelkreuz als Toppteichen angebracht. Im Lateralsystem verwendet man oft Leuchttonnen. Die Kennzeichnung von Gefahrenstellen, z. B. Wracks, Untiefen u. a., erfolgt durch Baken-, Spieren-, Stumpf- oder Spitztonnen. Außerhalb von Fahrwassern wendet man das **Kardinalsystem** an. Außer über der Untiefe oder neben dem Wrack selbst werden auch in den vier Himmelsrichtungen davon Tonnen gelegt, deren Toppteichen (zwei Dreiecke) durch ihre Anordnung und z. T. durch ihre Farbe die Lage zur Gefahrenstelle angeben. Wracktonnen sind stets grün und zeigen nachts grüne Lichter.

Außer diesen S. gibt es S. für Sonderzwecke, z. B. über Seekabeln, an Baggerschiffen, für Fischereigründe, Sperrgebiete, Wettfahrten. **Segel**, ein aus wasserdichten Leinwand- oder Baumwollbahnen, neuerdings aus Chemiefasergewebe zusammengefügtes großes Tuch auf Booten, Schiffen und Eisschlitten, das dazu dient, diese durch Windkraft fortzubewegen. **Schratsegel** stehen in Ruhelage längsschiffs. Zu ihnen gehören vor allem das trapezförmige **Gaffelsegel** (am Mast mit einer schrägen Gaffel gefahren), das dreieckige **Hochsegel** (mit einer Vorderseite am Mast befestigt) und das **Stagsegel**, ebenfalls dreieckig, das an einem Stag vor dem Mast (z. B. Klüver und Flieger auf Jachten) bzw. zwischen zwei Masten befestigt ist (z. B. Groß-Bram-Stagsegel, Kreuzstenge-Stagsegel auf Großsegelschiffen). Die Unterseite des Gaffel- und Hochsegels ist an einen Baum geschlagen, der sich um den Mast drehen läßt, so daß man die Segelstellung entsprechend der Fahrt- und Windrichtung mit Hilfe von Schoten (Flaschenzügen)

verstellen kann (→ Segeln). Über Gaffelsegeln werden oft noch dreieckige **Toppsel** gesetzt. **Rahsegel** sind trapezförmige S., die an einer **Rah**, einem waagrecht am Mast befestigten Rundholz, gesetzt werden. Die Rah steht in Ruhelage querschiffs und wird je nach Wind- und Fahrtrichtung mit dem S. mit Hilfe von Brassen (Seilen) um den Mast gedreht. Abb. → Segelschiff.

Segelboot, ein mittels eines oder mehrerer Segel fortbewegtes Boot aus Holz, Blech oder verstärktem Plast. Man unterscheidet die offenen, kielloosen, meist nur ein (selten zwei) ausklappbares Schwert führenden **Jollen** und die gedeckten **Kreuzer** (mit Kajüte), die einen Flossenkiel haben (Kielboote), ferner nach der Rumpfgroße, Segelfläche und Art der Takelung verschiedene Klassenboote (z. B. Olympiajolle, Finn-Dingi, Pirat, Flying Dutchman, Drachen, Starboot) und andere Segelboote (z. B. Kutter).

Segelflug, das Fliegen mit einem → Segelflugzeug unter Ausnutzung natürlicher, aufwärts gerichteter Luftströmungen (→ Aufwind) zum Höhengewinn. Der S. ist in flugmechanischer Hinsicht ein Gleitflug, der auch von Flugzeugen mit Antrieb bei abgestellten Triebwerken durchgeführt werden kann. Beim Gleitflug herrscht Gleichgewicht zwischen der Resultierenden der Luftkräfte (Auftrieb und Widerstand) und dem Gewicht des Flugzeuges. Um das zu erreichen, muß die Flugbahn unter einem bestimmten Gleitwinkel gegen die Horizontale geneigt sein (→ Flugmechanik). Die Energie zur Vorwärtsbewegung des Segelflugzeuges entstammt seiner Fallenergie, d. h., die Horizontalbewegung wird wie bei einem antriebslosen Wagen, der eine schiefe Ebene hinabrollt, durch Verlust an Höhe erreicht. Erfolgt der Gleitflug in Aufwindgebieten mit entsprechender Intensität, so bleibt das Segelflugzeug in gleicher Höhe oder steigt. Beim S. gilt es also, nach einem bestimmten Höhenverlust beim Flug außerhalb von Aufwindgebieten solche Gebiete aufzusuchen, um dort z. B. durch Kreisen im thermischen Aufwind wieder Höhe zu gewinnen.



Segelflugzeug, ein → Luftfahrzeug schwerer als Luft mit starren Tragflächen ohne Antrieb, das zum → Segelflug benutzt wird. Man unterscheidet heute einsitzige **Gleitflugzeuge** (**Schulgleiter**), ein- oder zweisitzige Schul- und Übungssegelflugzeuge und ein- oder zweisitzige **Leistungs- oder Hochleistungssegelflugzeuge**. Gleitflugzeuge haben einen hölzernen Gitterrumpf, Tragflächen und Leitwerke bestehen aus einem stoffbespannten und sperrholzbeplankten Holzgerippe (Holme und Rippen). Die Rümpfe der übrigen S. sind Gerippe aus Holz (Gurte und Spanten) oder Metallrohren (Stahl oder Leichtmetall), die mit Stoff bespannt oder mit Sperrholz beplankt werden. Die Tragflächen haben im Prinzip den gleichen Aufbau wie bei den Gleitflugzeugen. Neuerdings wird auch bei S. die Ganzmetall- und die Sandwichbauweise angewendet. Als Fahrwerk dient meist ein Einradfahrwerk mit Stützkupe.

Da S. auf natürliche Aufwinde angewiesen sind, müssen sie sehr kleine Sinkgeschwindigkeiten und Gleitwinkel besitzen. Moderne Leistungssegelflugzeuge haben minimale Sinkgeschwindigkeiten zwischen 0,55 und 0,8 m/s und minimale Gleitzahlen (Tangens des Gleit-

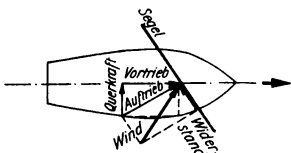
winkels) zwischen 1/30 und 1/40. Dazu sind kleine Flächenbelastungen (Masse/Fläche des Flügels), große Flügelstreckungen (Quadrat der Spannweite/Flügelfläche) und große Oberflächengüten (kleine Rauigkeiten) erforderlich. Für Hochleistungssegelflugzeuge verwendet man vielfach Laminarprofile.

S.e müssen mit Hilfe einer fremden Energiequelle gestartet werden. An Hängen wurden früher häufig durch menschliche Muskelkraft gespannte Gummiseile benutzt. Heute verwendet man für den Schul- und Übungsbetrieb vorwiegend den Windenstart (eine ortsfeste Motorwinde zieht das S. an einem Drahtseil wie einen Drachen hoch) und für den Leistungsflug den Flugzeugschleppstart (ein Motorflugzeug schleppt das S. an einem Dederonseil auf eine bestimmte Höhe).

Es gibt auch S.e mit Hilfsmotor (**Motorleiter**, **Motorsegler**). Der Hilfsmotor wird benutzt, wenn die natürlichen Aufwinde zu schwach oder nicht vorhanden sind. Diese S.e können zum Teil ohne fremde Energiequelle allein mit ihrem Hilfsmotor starten.

Das S. dient hauptsächlich Sportzwecken, vereinzelt auch Forschungszwecken. Im 2. Weltkrieg wurden in der Militärluftfahrt große **Lastensegler** zum Absetzen von Luftlandetruppen benutzt. Die Lastensegler waren als Verlustobjekte geplant und mußten deshalb einfach und billig sein, was bei einem S. besser erreicht werden kann als bei einem Motorflugzeug.

Segeln, das Fortbewegen von Booten und Schiffen durch Ausnutzung des Winddrucks mit Hilfe eines oder mehrerer → Segel, die entsprechend der Wind- und Fahrtrichtung verstellt werden. Die auf das Segel treffende Windkraft stellt die Resultierende eines Kräfteparallelogramms dar, das aus einem senkrecht auf die Segelfläche wirkenden Auftrieb und einem am Segel entlanggleitenden, also für die Fortbewegung unwirksamen Widerstand besteht. Auch der Auftrieb ist



Kräfte am Segel

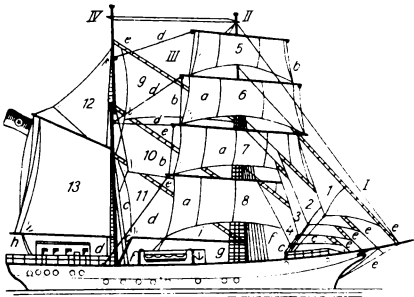
als Resultierende eines Kräfteparallelogramms anzusehen, das aus dem das Boot oder Schiff vorwärtsbewegenden Vortrieb und einer Querkraft besteht, welche die Abtrift und das Krängen des Fahrzeugs verursacht. Das Segel muß also so gestellt werden, daß der Vortrieb möglichst groß und die Querkraft möglichst klein wird: a) Kommt der Wind ganz oder nahezu von hinten (**achterlicher Wind**), so werden die Segel rechtwinklig zur Windrichtung gefahren. Kommt der Wind seitlich (**raumer Wind**), so werden die Segel dichter genommen, etwa so weit, daß sie den Winkel zwischen Wind- und Kielrichtung halbieren. c) Kommt der Wind schräg von vorn (**S. am Wind**), werden die Segel so weit wie möglich dichtgenommen (angeholt), daß das Boot noch Fahrt voraus macht und die Segel gerade noch voll stehen (nicht flattern). d) Liegt das Ziel in der Windrichtung, so muß man **kreuzen**, d. h., man segelt so hoch wie möglich am Wind und nähert sich dem Ziel im Zickzackkurs.

Änderungen des Kurses zur Windrichtung hin heißen **Anluven**, vom Winde fort **Abfallen**. Dreht der Bug des Bootes durch den Wind, so geht das Boot **über Stag** (in den Wind schießen und auf den anderen Bug abfallen, dabei gleichzeitiges Umsetzen der Segel). Das **Halsen**, d. h. das Drehen des Hecks durch den Wind (Abfallen,

Umsetzen der Segel, Anluven), muß unter Umständen bei schwerem Wind und Wetter an Stelle des Überstaggehens ausgeführt werden, wenn das Boot gegen den Winddruck nicht anluvt. Es bringt Verlust an ersehelter Höhe und damit Zeitverlust und ist bei Gaffel- und Hochtakelung durch die Wucht des übergehenden Großbaumes nicht ganz ungefährlich.

Lit. Holm u. Kirsten: Wegerecht (Berlin 1963); Holm u. Nolte: ABC des S.s (2. Aufl. Berlin 1965); Schult: Wir segeln (4 Bde Berlin 1957–59); Wenzel: Wasser, Wind und weiße Segel (Berlin 1956); Zander: Der Segelsport (Berlin 1954).

Segelschiff, ein mit → Segeln als Vortriebsmittel, heute meist zusätzlich mit Hilfsmotor (Motorsegler) ausgerüstetes Schiff. S.e werden als Schulschiffe für den seemännischen Nachwuchs eingesetzt, nur noch vereinzelt auch für den Massenguttransport. Man unterscheidet insbesondere 1) das **Vollschiff** mit 3 bis 4 voll getakelten, d. h.

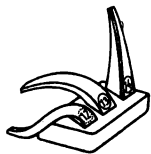


Takelriß einer Schonerbrigg (Segelschulschnitt „Wilhelm Pieck“). I Vorsegel, II Fockmast, III Zwischenstagsegel, IV Großmast, I Außenklüver, 2 Mittellüver, 3 Binnklüver, 4 Staglock, 5 Royal, 6 Bram, 7 Mars, 8 Fock, 9 Flieger, 10 Großstengestagsegel, 11 Großstagsegel, 12 Gaffeltoppssegel, 13 Großsegel, a Gordings, b Geitau, c Schoten, d Brassen, e Stagen, f Parduns, g Wanten, h Großbaum, i Großstagbaum

ausschließlich Rahsegel (→ Segel) tragenden Masten; 2) die **Bark**, bei der der hinterste Mast Schratsegel trägt und die anderen Masten Rahsegel führen; 3) die **Brigg** mit zwei rahgetakelten Masten, deren hinterer zusätzlich ein Gaffelsegel trägt, während er bei der **Schonerbrigg** nur ein Gaffelsegel führt; 4) den **Schoner**, der ausschließlich Gaffelsegel führt. Die **Schonerbark** hat einen rah- und gaffelgetakelten Vormast, der **Rahschoner** am ersten und z. T. auch am zweiten Mast Topp-Rahsegel.

Segerkegel, abg. SK, von Hermann Seger (1839 bis 1893) geschaffene Schmelzkörper zur Kontrolle der Brenngare keramischer Erzeugnisse. Die S., 6 cm hohe steile, abgestumpfte Dreikantpyramiden aus Silikatgemischen verschiedenen Erweichungspunkts, werden einzeln oder in Gruppen hinter einem Schauloch in den keramischen Ofen gestellt. Das „Fallen“, d. h. Umsinken des erweichenden S.s, bis die Spitze die Unterlage berührt, gestattet dem Brenner die Überwachung des Brennprozesses und zeigt ihm die jeweilige Brenngare der Ware an. Es sind S. mit 60 verschiedenen Fallpunkten (bezeichnet mit 022, 021, ... 016, 015a, 014a, ... 01a, 1a, 2a, ... 6a, 7, 8, ..., 20, 23, 26, 27, ... 42) in Gebrauch, die in Abständen von etwa 20 °C den Temperaturbereich von 580 °C (SK 022) bis 1980 °C (SK 42) umfassen. Eine Temperaturmessung mit S.n ist nur annähernd und unter Einhaltung einer genormten Zeit-Temperatur-Kurve möglich. (Abb.)

Segment, 1) bei Kurven das von einer Sehne und dem zugehörigen Kurvenbogen begrenzte ebene Flächenstück, **ebenes S.**, z. B. das Kreissegment, → Kreis.



Segerkegel (SK 12 „gefalten“)

z) der von einer gekrümmten Fläche und einer sie schneidenden Ebene begrenzte Raumteil (**räumliches S.**, z. B. das Kugelsegment).

Sehen, die Tätigkeit des Gesichtssinnes höherer Tiere und des Menschen, wobei vorausgesetzt wird, daß das Sehorgan eine entsprechend hohe Entwicklung besitzt, so daß nicht nur Helligkeit wahrgenommen wird, sondern auch Form, Richtung, Bewegung und Raum. Unter diesen Umständen wird nicht nur gesehen, wenn eine Abbildung der Umwelt auf der Netzhaut erfolgt (→ **Auge**), wenn also äußere Reize einwirken, sondern mitunter auch nach Aufhören der äußeren Reize (z. B. Nachbilder), bei inadäquater Reizung des Sehorgans, z. B. durch Druck, Schlag, Verletzung (z. B. Sterne oder Lichtblitz), bei psychischen Vorgängen (z. B. Vorstellungen) oder physiologischen Vorgängen in der Netzhaut (z. B. Eigengrau oder Wolken- und Lichtbildung bei geschlossenem Auge). Andererseits wird auch oftmals trotz erfolgter Abbildung auf der Netzhaut etwas nicht gesehen, d. h. übersehen, z. B. wenn unsere Aufmerksamkeit abgelenkt ist, oder es wird anders gesehen, als es objektiv ist (→ **geometrisch-optische Wahrnehmungsverzerrungen**).

Das S. und im weiteren Sinne die optische Wahrnehmung ist also nicht nur von den äußeren Gegebenheiten und ihren Abbildungen im Auge abhängig, sondern in starkem Maße auch von den Systembedingungen im gesamten optischen Sinnesorgan und schließlich auch von denen in den anderen Sinnesorganen, denn wir sehen nicht nur mit dem Auge, sondern mit dem gesamten Wahrnehmungsapparat.

Sehhilfe, ein optisches Hilfsmittel, das der Verbesserung der Sehleistung des Menschen oder der Erhaltung und dem Schutz des Sehvermögens und des Auges dient.

Die wichtigsten S. sind die korrigierenden **Brillengläser** mit optischer Wirkung. Sie werden durch eine Fassung oder (bei randlosen Brillen) durch Beschläge zu einer Brille verbunden. Die Brillengläser dienen als Plus- oder Sammellinsen zur Korrektur einer Übersichtigkeit des Auges oder zur Unterstützung der mit zunehmendem Alter des Sehhilfebedürftigen nachlassenden Akkommodation, der Einstellung des Auges auf die Nähe. Minus- oder Zerstreuungsgläser korrigieren eine Kurzsichtigkeit. Astigmatische Gläser dienen zur Behebung des Astigmatismus des Auges infolge ungleicher Krümmung in zwei zueinander senkrechten Richtungen einer oder mehrerer Flächen der optischen Elemente des Auges. Moderne Brillengläser besitzen eine durchgebogene Form (**Meniskus**), um einen beim schrägen Blick durch das Glas störenden Abbildungsfehler, den Astigmatismus schiefer Bündel, so weit wie möglich zu mindern. Praktisch vollkommen gelungen ist dies bei den **Punktalgläsern**. Stärkere Plusgläser, wie sie in Brillen für Staroperierte verwendet werden, müssen eine asphärische Fläche besitzen, damit sie frei vom Astigmatismus sind (**Katalgläser**). Wird eine S. für die Ferne und eine für die Nähe benötigt, so läßt sich dies in einem Brillenglas vereinen, indem ein Nahtteil in das Fernteil des Glases eingeschliften oder aus einem Material mit höherer Brechzahl eingeschmolzen wird (**Mehrstärkenglas**). Man erhält ein Glas mit zwei unterschiedlichen Wirkungen (**Bifokalglas**). Das gleiche läßt sich auch mit zwei verschiedenen starken Nahtteilen durchführen (**Trifokalglas**). Eine moderne Entwicklung in dieser Richtung stellt das **Brillenglas mit sich stetig ändernder Brechkraft** dar. Es ermöglicht eine kontinuierliche Unterstützung der Akkommodation von der Ferne zur Nähe und ein Scharfsehen in allen Bereichen zwischen Ferne und Nähe. Die oftmals bei den Bifokal- und Trifokalgläsern störenden Trennungslinien und die

sprunghaft sich ändernden Bildgrößen sowie der Bildsprung sind bei diesem Brillenglas nicht vorhanden.

Neben Brillengläsern werden als korrigierende S. → **Kontaktschalen (Haftschalen)** verwendet. **Fernrohrbrillen** und **Fernrohrlupen** sind vergrößernde S. zur Korrektur der Schwachsichtigkeit. Der Erhaltung und dem Schutze des Auges und des Sehvermögens dienen **Sonnenschutzgläser**, **Blendschutzgläser** und **Schutzgläser**, gefärbte Brillengläser mit und ohne optische Wirkung, die allgemein die Umwelthelligkeit herabsetzen oder für bestimmte Fälle schädigende Strahlung absorbieren und vom Auge fernhalten sollen. Für Blendungsschutz bei Reflexionsblendung eignen sich auch **Polarisationsfilter**. **Arbeitsschutzbrillen** sollen den Schutz der Augen vor chemischen und mechanischen Einflüssen garantieren. Sie besitzen einen durch Drahtgeflecht, Metall oder Leder abgeschlossenen Seitenschutz; die Durchblicköffnungen sind durch Schutzgläser oder Drahtgeflecht abgedeckt. **Sehne**, die Verbindungsstrecke zweier Punkte einer Kurve oder Fläche.

Sehrohr, svw. → **Periskop**.

Sehschärfe, → **Auge**.

Seiches [aus dem Französischen], durch Wind oder Luftdruckschwankungen verursachte Eigenschwingungen ganz oder teilweise abgeschlossener Meere und Binnengewässer.

Seide, ein aus einem → **Elementarfasern (monofile S.)** oder mehreren Elementarfasern (**polyfile S.**) bestehender Faden. Man unterscheidet zwischen → **Naturseide** und → **Chemieseide** (früher auch als **Kunstseide** bezeichnet).

Seidenleim, → **Proteine**.

Seidenrasterdruck, svw. → **Siebdruck**.

Seidenschirmdruckverfahren, svw. → **Siebdruck**.

Seifen, 1) Chemie: die wasserlöslichen Kalium- oder Natriumsalze der gesättigten und ungesättigten höheren Fettsäuren, ferner die fettsauren Ammonium- oder Aminsäuren, z. B. Triäthanolaminsäuren, die sämtlich als → **Waschmittel** dienen. S. bilden mit Wasser eine kolloide Lösung, z. T. werden sie in Fettsäure und freies Alkali hydrolysiert. Die Waschwirkung der S. beruht nur zu einem geringen Teil auf der Lösung fettiger Verunreinigungen durch Verseifung mittels des freien Alkalis, hauptsächlich findet Adsorption der Seifenmoleküle an die Fett- und Schmutzteile statt, die dadurch emulgiert, benetzt, dispergiert und abgespült werden können. Ein Nachteil der S. ist ihre Wasserhärteempfindlichkeit und Säureunbeständigkeit. Mit Kalzium- und Magnesiumsalzen sowie anderen Metallsalzen bilden die S. Ausflockungen ohne Waschwirkung (Kalk- oder Mineralseifen). Durch Zusatz organischer Komplexbildner können die Abscheidungen vermieden werden. Als Rohstoffe für S. dienen tierische und pflanzliche Fette und fette Öle, z. B. Tran, Talg, Knochenfett, Kokosfett, Palmkernfett, Olivenöl, Leinöl. Die Gewinnung der S. erfolgt entweder direkt aus den Fetten oder nach modernen Verfahren aus den durch Fettsäure gewonnenen freien Fettsäuren (Karbonatverseifung). Die abgetrennten freien Fettsäuren werden mit Natron- oder Kalilauge oder auch mit Soda neutralisiert, wobei nach einem Klarsiedeprozess die Seifenmasse entsteht. Bei der direkten Herstellung der S. aus den Fetten (Laugenverseifung) wird das geschmolzene Fett mit Alkalilauge erhitzt, dabei bildet sich unter starkem Schäumen der **Seifenleim**, aus dem sich durch Zusatz von Kochsalz oder Kalziumazetat ein fester **Seifenkern** abscheidet.

Seifensorten. **Kernseifen** (harte S.) sind die aus dem Seifenleim ausgesalzene Produkte, die bis zu 33 % Wasser enthalten. **Seifenpulver** werden aus getrockneten pulverisierten Kern-

seifen unter Zusatz von Soda und Wasserglas oder Natriummetasilikat hergestellt. **Fein-(Toiletten-)Seifen** stellt man aus Kernseifen, die aus reinsten, geruchlosen Fetten erzeugt wurden, sowie Farb- und Riechstoffen her. Überfettete Feinseife (mit Zusätzen wie Lanolin und Fettalkohole) wird als **kosmetische Seife** oder **Kinderseife** gehandelt. **Medizinische S.** enthalten noch antiseptisch wirkende Stoffe, z. B. Schwefel, Teer, Phenol, und werden zur Desinfektion und gegen Hautkrankheiten verwendet. **Schmierseifen (weiche S.)** werden aus billigen Pflanzenölen durch Verseifung mit Kalilauge erhalten.

Lit. Gawalek: Wasch- und Netzmittel (Berlin 1962).

2) Mineralogie: abbauwürdige Konzentrationen von spezifisch schweren und schwer verwitterbaren Mineralen in Sand- und Geröllablagerungen, die aus der Zerstörung älterer Lagerstätten hervorgegangen sind. Die Trümmersmassen finden sich noch an der ursprünglichen Lagerstätte oder in ihrer unmittelbaren Nähe (**eluviale S.**) oder sind von anderswoher zusammengeschwemmt worden (**alluviale S.**). Transportmittel sind meist fließende Gewässer, also Bäche und Flüsse, in deren Unterlauf sich durch einen natürlichen Schlammvorgang das wertvolle Material anreichert (**fluviatile S.**). Außerdem kann die Anreicherung durch Windausschlagung erfolgt sein (**äolische S.**) oder im Meer im Bereich der Brandung unter Mitwirkung von Ebbe und Flut oder Meeresströmungen (**marine S.**).

Nach dem Inhalt der S. unterscheidet man: 1) **Schwermetallseifen** mit Gold, Platin, Kassiterit u. a.; 2) **S. mit Nichterzen**: Zirkon, Monazit; 3) **Edelsteinseifen** mit Diamant, Saphir, Edeltzirkon, Bergkristall u. a.

seiger, bergmännisch svw. senkrecht. **Seigern**, das Entmischen einer abkühlenden (erstarrenden) Metallschmelze auf Grund temperaturabhängiger Löslichkeit ihrer Bestandteile.

1) In der Metallurgie ist S. ein Raffinationsverfahren für Rohmetalle, das auf der Ausnutzung der temperaturabhängigen Löslichkeit von Verunreinigungen im Grundmetall in Verbindung mit Dichteunterschieden beruht. Kühlt man flüssiges Rohmetall langsam ab, so können sich durch unterschiedliche Dichte und Schmelztemperatur der Verunreinigungen mehrere Schichten ausbilden, von denen unter Umständen die höher schmelzende Schicht erstarrt und von der flüssig gebliebenen Phase abgetrennt werden kann (**S. mit fallender Temperatur**). Beim Erhitzen von festem Rohmetall bis über den Schmelzpunkt fließt dagegen die am niedrigsten schmelzende Komponente zuerst aus (**S. mit steigender Temperatur**). Verbreitet ist das S. bei der Refination von Blei, Zinn und Leichtmetallen.

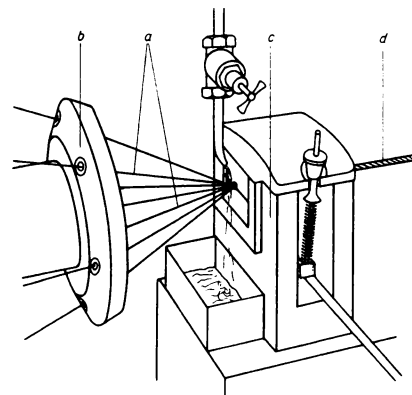
2) In der Metallkunde ist S. eine unerwünschte Begleiterscheinung bei der Erstarrung bestimmter Legierungen. Man unterscheidet zwischen Kristall- und Blockseigerung. a) Bei der **Kristallseigerung** beschränkt sich die Entmischung auf einen Kristall. Die Kernzone des Kristalls ist reicher an der höherschmelzenden Komponente als die Randzone. Die Kristallseigerung führt zu ungleichmäßigen Eigenschaften des Werkstoffes, unter Umständen zum Auftreten spröder Phasen an den Kristallgrenzen. Sie kann durch Diffusionsglühen beseitigt werden. b) Bei der **Blockseigerung** treten die Konzentrationsunterschiede innerhalb verschiedener Zonen des Gußblockes auf. In seiner Randzone hat die höherschmelzende Komponente den größeren Anteil, in der Kernzone reichern sich bestimmte niedrigschmelzende Bestandteile an (direkte Blockseigerung). So verhalten sich z. B. Sulfide und Phosphide im Stahl. Bei bestimmten Legierungen von NE-Metallen reichern sich jedoch die seigernden Bestandteile in der Randzone an (umgekehrte Blockseigerung).

Seignette-Elektrizität, → Ferroelektrizität.

Seignettesalz, → Weinsäure.

Seil, ein Element zur Übertragung von Zugkräften. Es besteht aus mehreren einzelnen Natur- oder Kunststoffasern (Faserseil) oder metallischen Drähten (Drahtseil), die in ein- oder mehrfacher Schraubenlinie um die Seilachse (Seele) gedreht (geschlagen, verseilt) sind. Das Verseilen erfolgt maschinell, bei Faserseilen z. T. noch von Hand.

1) **Drahtseile** werden aus Stahl-, Aluminium- oder Kupferdrähten hergestellt. a) **Stahlseile** bestehen aus einer Vielzahl von Stahldrähten (→ Draht), die je nach Seilabmessung und erforderlicher Bruchlast einen Durchmesser von 0,2 bis 5,3 mm und eine Zugfestigkeit von 120 bis 230 kp/mm² haben. Der in Ringbunden angelieferte Seildraht wird mittels **Spulmaschinen** auf Spulen gewickelt, diese werden in 6- bis 36spulige **Verseilmaschinen** eingehängt und in ein bis drei Arbeitsgängen zu **Litzen** zusammengedreht (verlitz). Bei rotierender Maschine läuft der Draht durch Führungsnippel und Verseilkopf (Verlegeplatte) und wird am Einlauf der Preßbacken verlitz. Die Litze läuft mit 3 bis 5 Umschlingungen über die Abzugsscheibe und weiter auf die im Aufwickler eingespannte Trommel (Haspel) oder zum weiteren Verseilen auf eine Spule. Die



1 Verseilen von 7 Drähten zur Litze, Verseilmachine im Stillstand: a Einzeldrähte, b Verseilkopf (Verlegeplatte) mit Führungsnippel, c Preßbackenhalter mit Preßbacken, d fertige Litze am Preßbackenaustritt

Litze besteht aus einem Kern und einer oder mehreren Drahtlagen, die in einfacher Schraubenlinie um den Kern gewunden sind. S.e und Litzenaufbau aus zwei und mehr Drahtlagen werden als **Spiralseile** bezeichnet. **Vollverschlossene S.e** haben einen Kern aus Runddrähten, um den eine oder mehrere Lagen von Profildrähten (Keil- und S-Drähte) geschlagen sind. Werden um eine Seilachse mehrere Litzen in einer Lage geschlagen, so entstehen **Litzenseile**, bei mehreren Lagen **Litzenspiralseile**. Haben die Litzen runden Querschnitt, spricht man von **Rundlitzenseilen**, bei elliptischem Querschnitt von **Flachlitzenseilen**, bei dreieckigem Querschnitt von **Dreikantlitzenseilen**. Rundlitzenseile sind die gebräuchlichsten Drahtseile. Flach- und Dreikantlitzenseile haben jedoch eine längere Lebensdauer, da die Einzeldrähte gleichmäßiger abgenutzt werden als bei Rundlitzenseilen. Zur besseren Biegsamkeit und inneren Schmierung erhält das S.e eine mit Schmierstoff getränkte Natur- oder Kunststoffasereinlage, zur Erhöhung der Tragfähigkeit kann eine weitere Kernlitze verwendet werden.

Zur weiteren Charakterisierung der Drahtseile dienen außer dem Aufbau sowie dem Draht-, Litzen- und Seildurchmesser die Schlaglänge und

Schlagrichtung von Litze und S. Ist die Schlagrichtung der Drähte in den Litzen und die der Litzen im S. gleich, spricht man von Gleichschlag, bei entgegengesetztem Schlag von Kreuzschlag. **Gleichschlagseile** neigen zum Aufdrehen und sollten nur da verwendet werden, wo beide Enden geführt sind. **Kreuzschlagseile** zeichnen sich durch geringen Drall (Neigung zum Aufdrehen) aus und werden bevorzugt verwendet. Vollständig drallfeste Drahtseile kann man nur bei mindestens dreilagigen Drahtseilen erzeugen. Bei ein- und zweilagigen Drahtseilen wird eine drallarme Machart bewirkt, indem die Drähte vor dem Schlagvorgang plastisch verformt werden. Werden mehrere S.e zu einem einzigen S. verarbeitet, bezeichnet man dieses als **Kabelschlagseil**.

Verwendung. Spiralseile und verschlossene S.e werden als ruhende S.e verwendet, an denen Lasten hängen oder auf denen Lasten bewegt werden, z. B. als Tragseile von Seilbahnen, Kabelkränen, Hängebrücken sowie als Abspannseile. Litzenseile wählt man für bewegte S.e, z. B. für Schachtförderanlagen, Krane, Aufzüge, Tagebaugeräte, Schiffe.

b) Für Hochspannungsleitungen benutzt man S.e, die aus einer 1- bis 19drähtigen Stahlseile und einer Decke aus 6 bis 78 Aluminiumdrähten bestehen (**Stahl-Aluminium-S.e**). Für Spezialzwecke, besonders als elektrische Leitungen, werden auch **Kupferseile** und **Aluminiumseile** aus Kupfer- bzw. Aluminiumdrähten verwendet.

2) **Faserseile** bestehen aus Naturfasern (Hanf) oder Kunststofffasern (z. B. PVC). Sie werden ähnlich wie die metallischen Drahtseile maschinell auf Verseilmaschinen hergestellt, nur noch selten von Hand (\rightarrow Seilerei). Kunststoffseile verwendet man heute weitestgehend in der Schifffahrt und Fischerei sowie als Sicherheitsleinen, Wäscheleinen u. a., wobei besonders die gegenüber Naturfaserseilen größere Scheuer- und Bruchfestigkeit sowie die Fäulnisbeständigkeit und ihre geringere Masse von Vorteil sind.

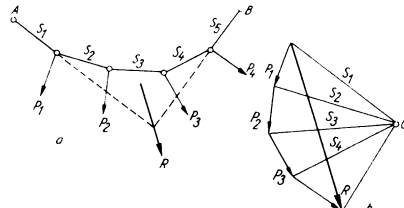
Lit. Bucher: Drahtseile und ihre Herstellung (Berlin 1958); Shitkow u. Pospechov: Drahtseile (dtsh Berlin 1957).

Seilbahn, \rightarrow Seilschwebbahn, \rightarrow Standseilbahn.

Seileck, in der Statik eine graphische Konstruktion, mit der die Addition und Zerlegung der Kräfte ebener Kräftegruppen vorgenommen werden kann. Dabei geht man von einem Kräfteplan (Krafteck) aus, in den die gegebenen Kräfte P_i als Polygonzug eingetragen werden. Ein beliebiger wählender Pol 0 wird nun durch die Polstrahlen S_i mit den Eckpunkten des Kräftepolygons verbunden. Diese Polstrahlen können als Kräfte gedeutet werden, die mit den gegebenen Kräften P_i paarweise im Gleichgewicht stehen. Diese Kräfte werden in den Lageplan übertragen und ergeben dort einen Linienzug, das S. Das S. hat die Gestalt, die ein schlaffes, gewichtslos gedachtes Seil unter der Belastung mit den Kräften P_i einnehmen würde. Verlängert man den ersten und letzten Seilstrahl im Lageplan, so erhält man als Schnittpunkt einen Punkt der Wirkungslinie der Resultierenden R der Kräfte P_i . Betrag und Richtung der Resultierenden werden dem Kräfteplan entnommen.

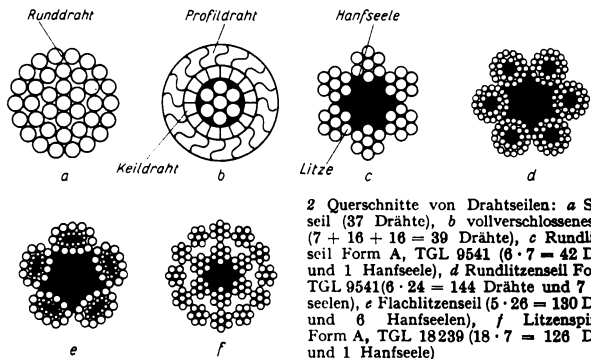
Bilden Krafteck und S. je einen geschlossenen Linienzug, so sind für die betreffende Kräftegruppe die Gleichgewichtsbedingungen vollständig erfüllt. Darauf beruht die Ermittlung von Stützkraften. Man zeichnet zunächst ein S. zu der gegebenen Belastung und schließt das S. durch einen als Schlußlinie bezeichneten Seilstrahl. Die Lage der Schlußlinie ist durch die Schnittpunkte des ersten Seilstrahles mit der Auflagekraft A bzw. des letzten Seilstrahles mit der Auflagekraft B bestimmt. Die Richtung einer der Kräfte A oder B muß bekannt sein. Im

Kräfteplan müssen dann der erste (bzw. letzte) Seilstrahl, ein zur Schlußlinie paralleler Polstrahl und die Kraft A (bzw. B) je einen geschlossenen Linienzug (Dreieck) bilden.



a Seileck, b Kräfteplan (Krafteck)

Seilerei, die Herstellung von Tauwerk aus Faserstoffen. Tauwerk ist Bindfaden, Schnur, Strick, Leine, Seil, Tau usw. Es wird aus Hanf, heute meist aus Chemiefaserstoffen hergestellt. Bei der handwerklichen S. werden in der **Seilerbahn** (**Reepbahn**) zwei oder mehr von Hand, meist aber maschinell gesponnene Garne mit ihren Enden an zwei Haken befestigt und durch Drehen des einen Hakens in zur Garn-drehung entgegengesetzter Richtung zu einer **Litze** zusammengezwirnt (**Zwirnen**). Die Garne können auch mit einem Ende an je einem sich drehenden Haken einzeln befestigt werden und mit dem anderen Ende an einem gemeinsamen Haken (Schnürhaken); sie drehen sich dann an diesem Ende zu einer Schnur zusammen (**Schnüren**). Dickere Schnur oder Seil wird aus mehreren Litzen durch Schnüren zusammen-gedreht (**Verseilen**, **Zusammenschlagen**).

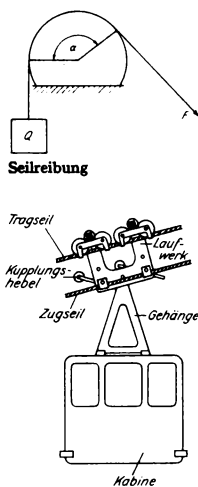


2 Querschnitte von Drahtseilen: a Spiralseil (37 Drähte), b vollverschlossenes Seil (7 + 16 + 16 = 39 Drähte), c Rundlitzen-seil Form A, TGL 9541 (6 · 7 = 42 Drähte und 1 Hanfseele), d Rundlitzen-seil Form C, TGL 9541 (6 · 24 = 144 Drähte und 7 Hanf-seelen), e Flachlitzen-seil (5 · 26 = 130 Drähte und 6 Hanfseelen), f Litzen-spiralseil Form A, TGL 18239 (18 · 7 = 126 Drähte und 1 Hanfseele)

Die maschinelle S. arbeitet prinzipiell ähnlich wie die Handseilerei. Auf der **Litzenmaschine** werden die Garne von Spulen in einem Aufsteckgatter abgezogen, in einer Buchse zusammengeführt, dann vom sich drehenden Verseilbügel zur Litze zusammengedreht und auf eine Spule innerhalb des Verseilbügels gewickelt. Das Verseilen der Litzen erfolgt auf **Verseilmaschinen**. Bei der Seilschlagmaschine befinden sich im Vordrehgestell die Spulen mit den Litzen in je einem sich drehenden Tragbügel. Das Zusammendrehen zum Seil erfolgt mittels des Verseilbügels wie bei der Litzenmaschine. Bei der Korb-Seilschlagmaschine sind die sich drehenden Tragbügel mit den Spulen für die Litzen in einem Verseilkorb gelagert. Beim Drehen des Verseilkorbes werden die Spulen um die Achse des sich bildenden Seiles geführt.

Seilkausche, eine birnenförmige Öse, um die ein Seilende gelegt und mit dem Seil verspleißt oder durch Seilklammern gehalten werden kann. Durch die S. erhält die so gebildete Schlaufe eine feste Form, und das Seilende kann in Haken

Seilpflug



1 Personen-Seilschwebbahn (Zweiseil-Umlaufbahn)

eingehängt oder mit Ösen oder Ringen verbunden werden.

Seilpflug, → Seilzuggerät.

Seilreibung, der Reibungswiderstand eines über eine festliegende glatte Walze laufenden Seiles oder Bandes, der von der Reibungszahl μ und von dem Umschlingungswinkel α (im Bogenmaß zu messen) abhängt. Es tritt also an dem einen Ende eine größere Kraft auf als am anderen. Zwischen den Seilspannungen am ziehenden (F) und am gezogenen Seilstück (Q) besteht die Beziehung $F = Q \cdot e^{\mu \alpha}$, wobei e gleich 2,71828 ist. **Seilrolle**, eine Rolle, bei größerem Durchmesser als Scheibe bezeichnet (**Seilscheibe**), über die ein bewegtes Seil läuft. S.n werden je nach Belastung aus Gußeisen oder Stahlguß gegossen oder aus Stahlblech geschweißt. Kleinere S.n werden als volle Scheiben, größere wegen geringer Eigenmasse mit Speichen ausgeführt. Der Kranz hat am Umfang eine eingedrehte, halbkreisförmige Seilrille, die sich zur Führung nach außen erweitert. S.n werden verwendet bei Seiltrieben, Aufzügen, Schachtförderanlagen zum Umlenken der bewegten Seile.

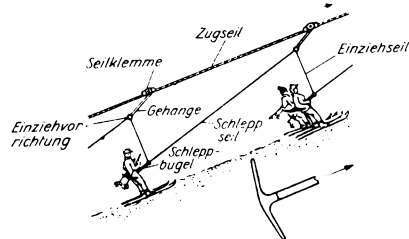
Seilscheibe, → Seilrolle.

Seilschwebbahn, neuerdings auch als **Luftseilbahn** bezeichnet, früher **Drahtseilbahn** genannt, ein Fördermittel zum horizontalen oder geneigten Transport von Lasten oder Personen. Die Lastaufnahmemittel (z. B. Kabinen) werden an ein Drahtseil gekuppelt, oder die Fahrwerke benutzen ein Drahtseil (Tragseil) als Fahrbahn. Die Fortbewegung erfolgt durch ein zweites Drahtseil (Zugseil), der Antrieb mittels Seiltrieb durch einen Elektromotor.

Nach der Verwendung unterscheidet man Lasten- und Personenseilschwebbahnen. **Lastenseilschwebbahnen** dienen zum Transport von Stück- oder Schüttgütern mittels Kübeln, Gehänge u. dgl. über längere Strecken bis zu mehreren Kilometern. Bei annähernd horizontaler Streckenführung werden sie heute durch die Gurtbandförderer abgelöst, in unwegsamem Gelände mit größeren Steigungen ist ihr Einsatz jedoch zweckmäßig. Die Fördermenge beträgt etwa 350 t/h bei Fördergeschwindigkeiten bis 4 m/s. **Personenseilschwebbahnen** werden hauptsächlich als Bergbahnen zur Erschließung von Bergen für den öffentlichen Verkehr eingesetzt. Als Lastaufnahmemittel dienen Gehänge mit Schleppbügel beim **Skilift** (Sonderbauart der Seilschwebbahn), Sessel (Gehänge mit einem oder zwei Sitzen) beim **Sessellift** oder Kabinen.

Nach der Betriebsart kann man einteilen in Pendel- und Umlaufseilschwebbahnen. Für

Pendelseilschwebbahnen charakteristisch ist, daß das Zugseil abwechselnd einmal in der einen und einmal in der anderen Richtung in Bewegung gesetzt wird. Dabei fährt die eine Kabine nach oben, wenn die andere nach unten fährt, und



3 Skilift: a Funktionsschema, b Schleppbügel als Doppelsitz

umgekehrt. Beide erreichen gleichzeitig die Berg- bzw. Talstation. Bei **Umlaufseilschwebbahnen** ist das Zugseil endlos und läuft immer in der gleichen Richtung um. Einseil-Umlaufseilschwebbahnen sind die Ski- und Sessellifte. In der Regel werden Umlaufseilschwebbahnen mit Kabinen für 2 bis 6 Personen als Zweiseilbahnen ausgeführt. In den Stationen können die Kabinen zum Be- und Entladen vom Zugseil gelöst werden. Innerhalb der Stationen benutzt man als Fahrbahn für die Laufwerke Schienen, zwischen den Stationen vollverschlossene Drahtseile (Tragseile). In den Stationen werden die Kabinen vom Zugseil gelöst und durch Gefälle, von Hand oder mit besonderen Kettentrieben von der Entkuppelstelle zur Ausstieg-, zur Einstieg- und zur Kuppelstelle bewegt. Das Ankuppeln an das Zugseil und das Abkuppeln von diesem erfolgen automatisch.

Eine Sonderbauart der S. (Pendelseilschwebbahn) ist die → **Standseilbahn**.

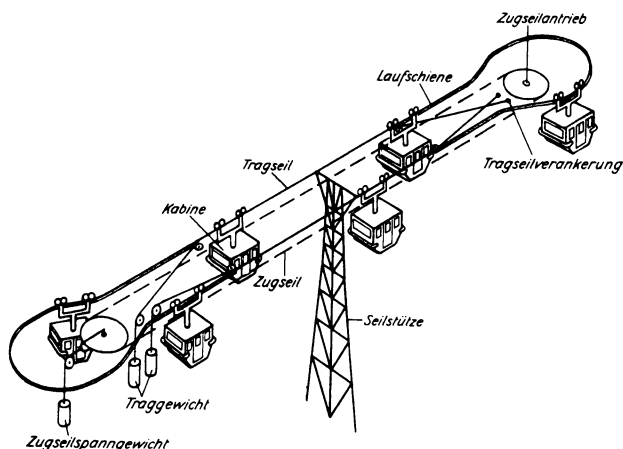
Seiltrieb, 1) Getriebelehre: ein Hüllstoffgetriebe (→ Hüllstoffe, → Getriebe), bei dem die Kraftübertragung zwischen Antrieb und Abtrieb durch Seile oder Bänder kraftschlüssig (→ Kraftschluß) erfolgt. S.e eignen sich wegen der geringen Reibung zwischen dem Seil und den Seilscheiben (meist zwei) nur zur Übertragung kleiner Leistungen. Mit Schlupf muß bei S.en stets gerechnet werden.

2) Maschinenbau: die Kraftübertragung bzw. Drehmomentenübertragung von einer Antriebsmaschine zu einer Transmission u. dgl. durch mehrere nebeneinanderliegende Hanfseile (für mäßige Entfernungen bis 25 m) oder Drahtseile. Ein S. besteht aus dem Antrieb (von Hand oder durch Motor), der Bremse, dem Untersetzungsgetriebe, der Treibscheibe oder einer Seilscheibe oder einer Seiltrommel. S.e werden bei Fördermitteln angewendet, z. B. beim Aufzug, bei der Schachtförderanlage, bei der Seilwinde und der Seilschwebbahn.

Lit. Bauer u. Schneider: Riemen-, Seil- und Kettentriebe, Reibradtriebe (Leipzig 1958).

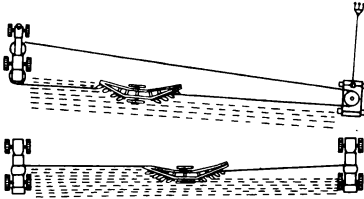
Seiltrommel, eine längliche Trommel (Rohr, Zylinder) mit am Umfang spiralförmig eingedrehten halbrunden Rillen, in die sich ein Seil einlegen kann. Die S. dient zum Antrieb und zum Speichern von Seilen, sie wird vor allem bei Seilwinden verwendet, nur noch vereinzelt bei Aufzügen und Schachtförderanlagen.

Seilzuggerät, ein landwirtschaftliches Gerät, das mittels Seilzug über das Feld gezogen wird. Das S. ist zwischen ein Drahtseil eingeschaltet, dessen eines Ende auf die Seiltrommel einer am Feldende aufgestellten, selbstfahrenden Seilzugmaschine mit Antrieb durch Verbrennungsmotor, Elektromotor oder Dampfmaschine (Lokomobile) aufgewickelt wird. Ist das Seil völlig aufgewickelt und das S. somit an das Feldende herangezogen,



2 Schema einer Seilschwebbahnanlage (Zweiseil-Umlaufkabinenbahn)

beginnt beim **Zweimaschinensystem** eine an der Feldgegensseite stehende zweite Seilzugmaschine mit dem Zug, wodurch sich auf deren Trommel das andere Seilende aufwickelt und das S. somit über das Feld zurückgezogen wird. Beim **Einmaschinensystem** ist eine Seilzugmaschine durch einen Ankerwagen ersetzt; die andere hat dann zwei Seiltrommeln und führt über die Seilrolle des Ankerwagens sowohl das Hin- als auch Herziehen des S.s durch. Als S. werden u. a. Pflug,



Pflügen mit dem Seilzugpflug im Einmaschinensystem (oben) und Zweimaschinensystem (unten)

Scheibenegge und Grubber gebaut. Der **Seilzugpflug (Seilpflug)**, bei Antrieb der Seiltrommel mittels Dampfmaschine fälschlicherweise als Dampfplug bezeichnet, ist ein Kippplug (→ Pflug).

Die Verbindung eines S.s mit einer Kraftmaschine wird als **Seilzugaggregat** bezeichnet.

Seiner, ein → Fischereifahrzeug.

Seismik, **Seismologie**, ein Teilgebiet der Geophysik. 1) Die **Erdbebenforschung** umfaßt die **Makroseismik**, die sich mit den ohne Instrumente nachweisbaren Erdbeben, ihren geologischen Ursachen und Wirkungen sowie ihrer geographischen Verteilung befaßt, und die **Mikroseismik**, die auf instrumenteller Grundlage die physikalischen Probleme der Erdbebenentstehung und der Ausbreitung und die Aufzeichnung von Erdbebenwellen sowie Theorie und Praxis der Seismographen behandelt.

2) Die **angewandte S.** umfaßt mehrere Methoden zur Untersuchung des geologischen Baus der Erdkruste (Lagerungsformen und Mächtigkeiten von Gesteinsschichten) mit dem Ziel der Erkundung von Lagerstätten, speziell des Erdöls, und von Baugrund (**Ingenieurseismik**). Man erzeugt meist durch Sprengungen, z. T. auch durch Schlag, seismische Wellen, die sich infolge der unterschiedlichen Elastizität der Gesteine verschieden schnell im Untergrund ausbreiten. An physikalischen Schichtgrenzen (scharfe Änderung von Dichte und Wellengeschwindigkeit im Gestein) werden die Wellen gebrochen (refraktiert) und zurückgeworfen (reflektiert). Diese Eigenschaften werden in den beiden Hauptmethoden, der **Refraktionsseismik** und der am meisten angewandten **Reflexionsseismik**, ausgenutzt. Die zur Erdoberfläche zurückkehrenden Wellen werden dort mit Hilfe von Geophonen (→ Seismograph) registriert. Im Prinzip gehen alle seismischen Verfahren auf die Messung der Laufzeiten der seismischen Wellen zurück, aus denen bei bekannten Wellengeschwindigkeiten Schichttiefen bestimmt werden können. Die Erkundungstiefen reichen je nach Aufgabenstellung, geologischen Gegebenheiten und angewandter methodischer Variante von wenigen Metern bis zu einigen 10 km.

Lit. Gamburzew: Grundlagen seismischer Erkundung (dtsh Leipzig 1964).

Seismograph, ein in der Seismik verwendetes Gerät zum Messen und selbsttätigen Registrieren von Erschütterungswellen. Die S.en für den Erdbebennachweis weisen eine auf einer Spitze im labilen Gleichgewicht stehende schwere Masse, ein Pendel, oder auch eine an einer Feder aufgehängte Masse auf. Diese Masse bleibt infolge

ihrer Trägheit bei Erschütterungen des Erdbodens relativ zu diesem in Ruhe. Die Relativbewegungen zwischen dem Erdboden und damit verbunden der Aufhängevorrichtung der Masse und dieser selbst werden aufgeschrieben. Die entstehende Kurvenlinie ist das **Seismogramm** (Abb. S. 948). Die in der angewandten Seismik verwendeten S.en, die **Geophone**, sind meist kleine, tragbare Geräte, die nach elektrodynamischem oder piezoelektrischem Prinzip arbeiten. Sie sind zum Aufzeichnen der Bodenbewegungen mit elektronischen Verstärkern, Galvanometer-Lichtschreibern oder Magnetbandgeräten gekoppelt. Die bei Messungen auf Gewässern verwendeten S.en bezeichnet man als **Hydrophone**.

Seismologie, svw. → Seismik.

Seitenbänder, → Modulation.

Seitendruck, der Druck, den eine Flüssigkeit auf die Seitenwandung eines Gefäßes ausübt. Er ist um so größer, je tiefer die betreffende Stelle der Gefäßwand unter der Oberfläche der Flüssigkeit liegt, und gleich dem in derselben Höhe herrschenden → Bodendruck.

Seitenwagen, **Beiwagen**, ein einrädiges Fahrzeug zur Personen- oder Lastenbeförderung, das an Krafträder (Motorräder, seltener Motorroller) seitlich angeschlossen wird. Er besteht meist aus einem Rohrrahmen und einem ungefedert aufgesetzten bootsförmigen Aufbau zur Personenbeförderung oder einem Kasten- oder Pritschenaufbau für den Lastentransport. Das Seitenwagenrad ist gegen den Rahmen mit Blatt-, Schrauben-, Torsions- oder Gummifedern abgefedert und oft mit einer Innenbackenbremse versehen, die mechanisch oder hydraulisch zusammen mit der Hinterradbremse des Kraftrades betätigt wird. Bei Seitenwagengespannen, die auch im Gelände fahren, wird das Seitenwagenrad vom Hinterrad des Kraftrades angetrieben. Der Anschluß des S.s erfolgt mit 3 oder 4 Kugelschnellverschlüssen oder Schraubverbindungen am Rahmen des Kraftrades, bei Rechtsfahrordnung meist auf der rechten Seite des Kraftrades.

Sekans, eine → Winkelfunktion.

Sekante, eine Gerade, die eine (gekrümmte) Kurve oder Fläche in (mindestens) zwei Punkten schneidet. Das zwischen zwei Schnittpunkten gelegene Stück der S. heißt Sehne.

Sekretion, eine Abscheidung von Mineralen, die einen Hohlraum im Gestein mehr oder weniger ausfüllen, wobei im Gegensatz zur Bildung einer **Konkretion** das Wachstum von außen, d. h. von der Hohlraumwandung nach innen fortgeschritten ist. Der Stoff der S.en kann vom umgebenden Gestein abgesondert oder ausgelagert (→ Lateralsekretion) oder von außen zugeführt sein (Infiltration). Zu den S.en gehören die Drusen, die Füllungen der Mandeln in den Mandelsteinen und auch Gangfüllungen.

Sektion, ein aus mehreren Baugruppen und -teilen bestehendes Großbauteil. Nach der **Sektionsbauweise** wird vor allem im → Schiffbau und → Flugzeugbau gearbeitet. Im Schiffbau bezeichnet man eine sich in einer Ebene erstreckende S. als **Flach-** oder **Flächensektion**, eine körperhaft geformte als **Raum-** oder **Volumensektion** und einen Schiffsabschnitt in voller Breite als **Block-** oder **Ringsektion**. Es werden heute bereits S.en bis zu 500 t Masse vorgefertigt, besonders bei der Montage im Baudock.

Sektor, 1) allgemein svw. Ausschnitt, Abschnitt.

2) Geometrie: a) beim Kreis der von zwei Radien und dem von ihnen ausgeschnittenen Kreisbogen begrenzte Teil der Kreisfläche. Allgemein ein von zwei Strahlen (mit gemeinsamem Ausgangspunkt) und einem Kurvenbogen begrenztes (ebenes) Flächenstück (**Flächensektor**); b) der von einem Kegelmantel und einer gekrümm-

Sekundäraxetat

ten Fläche begrenzte Teil des Raumes (**Raumsektor**), z. B. der Kugelsektor (Kugelausschnitt). **Sekundäraxetat**, → Zelluloseaxetat.

Sekundärelektronenvervielfacher, ein → Sekundäremissionsvervielfacher.

Sekundäremission, durch den Aufprall von Primärelektronen auf Metalle oder Halbleiter verursachte Aussendung von Sekundärelektronen. Treffen die aus einer Glühkatode oder aus einer Photozelle austretenden Primärelektronen mit einer Energie größer als etwa 10 eV auf eine positiv geladene Elektrode (Prallanode), so kann eine S. eintreten. Dabei dringen die Primärelektronen in diese Elektrode ein, stoßen mit den freien Elektronen des Metalls zusammen und geben an diese Energie ab. Dadurch werden die freien Elektronen so stark beschleunigt, daß einige als Sekundärelektronen das Elektrodenmetall verlassen können. Die Größe der S. hängt bei gegebener Geschwindigkeit der Primärelektronen ab von der Metallart und der Oberflächenbeschaffenheit der Fangelektrode sowie vom Auftreffwinkel der Primärelektronen. Bei streifendem Einfall erhält man größte Ausbeute an S., da bei senkrechtem Aufprall die Primärelektronen zu tief in das Metall eindringen und damit die getroffenen Elektronen nicht so gut austreten können. Außerdem kann S. durch Beschuß mit Röntgen- oder Gammastrahlung sowie beim Ionenbombardement auftreten. Ein Maß für die Größe der S. ist der Ausbeutefaktor

$$\delta = \frac{\text{Sekundärelektronenstrom}}{\text{Primärelektronenstrom}}, \text{ der für reine Metalle Werte bis etwa 2 annehmen kann. Bei}$$

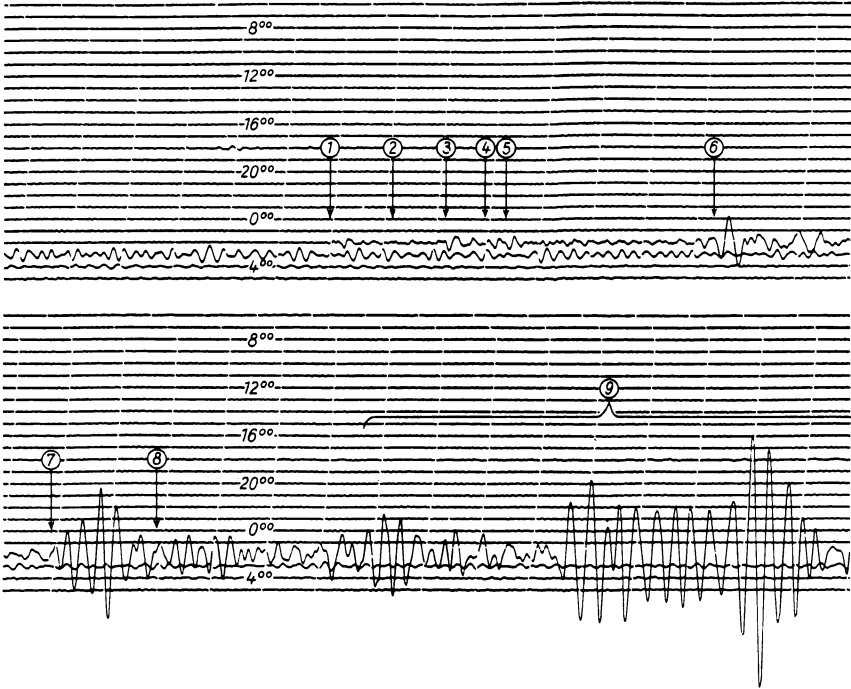
legierten Schichten steigt er auf Werte von etwa 10, doch sind sie für technische Zwecke zu instabil.

Bei den normalen Elektronenröhren soll die S. vernachlässigbar klein sein, damit keine Verzerrung der Strom-Spannungskennlinie auftritt. Die S. wird bewußt im → Dynatron und im → Sekundäremissionsvervielfacher angewendet.

δ_{\max} für verschiedene Stoffe

Stoff	δ_{\max}	Stoff	δ_{\max}
BeNi	12,0	Ba	2,8
MgO	17,0	Al	2,3
Be	5,5	Cu	1,3
Ca	5,0	C (Graphit)	0,6

Sekundäremissionsvervielfacher, eine Elektronenröhre, bei der die im allgemeinen störende → Sekundäremission bewußt zur Verstärkung schwacher Signale ausgenutzt wird. S. können mit Glühkatode und Photokatode aufgebaut werden. Bei S.n mit Glühkatode, auch **Sekundärelektronenvervielfacherröhre** (**Vervielfacherröhre**) genannt, trifft der durch ein Gitter gesteuerte Primärelektronenstrom im allgemeinen auf nur eine Prallanode auf. Derartige Vervielfacherröhren werden nur selten verwendet, weil durch Verdampfen von Gettermaterial, das sich auf der Prallanode niederschlägt, die Gefahr besteht, daß sie während des Betriebes instabil arbeiten. Bei S.n mit Photokatode, auch **Sekundärelektronenvervielfacher**, abg. SEV, Photovervielfacher oder **Photomultiplier** (kurz **Multiplifier**) genannt, wird



Seismogramm (Ausschnitt) des Ugandabebens vom 20. 3. 1966, registriert von der Station Moxa des Instituts für Geodynamik Jena der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Die Registrierung des Erdbebens wurde mit einem Seismographen vom Typ SSJ-I bei 200facher Vergrößerung erhalten. Geographische Koordinaten des Erdbebens: φ (Breite) = $0,58^\circ$ N, λ (Länge) = $30,16^\circ$ E; instrumentelle Bebenstärke (Magnitude): $M = 6,1$. 1 P-Welle = durch Erdmantel gelaufene direkte Longitudinalwelle, 2 P-Welle = am äußeren Erdkern reflektierte Longitudinalwelle von gleichbleibendem Charakter, 3 PP-Welle = einmal an der Erdoberfläche reflektierte P-Welle, 4 PPP-Welle = zweimal an der Erdoberfläche reflektierte P-Welle, 5 S-Welle = durch den Erdmantel gelaufene direkte Transversalwelle, 6 SS-Welle = einmal an der Erdoberfläche reflektierte S-Welle, 7 SSS-Welle = zweimal an der Erdoberfläche reflektierte S-Welle, 8 SSS-Welle = zweimal an der Erdoberfläche reflektierte S-Welle, 9 Oberflächenwellen (Maximalwellen eines Erdbebens)

der Primärelektronenstrom durch den auftretenden Lichtstrom gesteuert. Die durch das Licht ausgelösten Elektronen treffen auf die Prallanodenanordnung und werden durch Sekundäremission vervielfacht. Mit 10 Prallanoden erreicht man Stromverstärkungsfaktoren von etwa 10^6 bis 10^8 .

Wegen der kalten Photokate zeichnen sich SEV, im Gegensatz zu Verstärkerröhren mit Glühkate, durch geringes Rauschen aus, so daß mit ihnen ein Nachweis geringer Lichtintensitäten (einzelner Photonen) möglich ist. SEV werden z. B. bei der objektiven Photometrie und der Pyrometrie, zur Messung radioaktiver Strahlung mit dem Szintillationszähler und im Superorthikon verwendet.

Sekundärspule, svw. → Sekundärwicklung.

Sekundärstrahlung, eine Wellen- oder Korpuskularstrahlung, die durch eine Primärstrahlung ausgelöst wird. S. ist z. B. 1) die sekundäre Katodenstrahlung, die durch Aufprall von schnell bewegten Elektronen auf Atome entsteht, 2) die sekundäre Röntgenstrahlung, die durch Wechselwirkung zwischen Röntgenstrahlung und Atomen entsteht, und 3) die an der Erdoberfläche wirkende kosmische Ultrastrahlung.

Sekundärwicklung, Sekundärspule, beim Transformator die elektrische Leistung abgebende Wicklung bzw. Spule. Gegensatz: → Primärwicklung.

Sekunde, 1) Kurzz. s, die Grundeinheit der Zeit im heute gültigen System physikalisch-technischer Einheiten (SI, → Einheitensysteme). Nach der auf der 13. Generalkonferenz für Maß und Gewicht 1967 beschlossenen Definition ist die S. das 9192631770te Teil der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Zäsumuklids ^{133}Cs entsprechenden Strahlung. Nach der früheren, zur Zeit noch in der DDR gültigen Definition ist die S. der 31556925,9747te Teil des tropischen Jahres für 1900, Januar 0, 12 Uhr Ephemeridenzeit. $60 \text{ s} = 1 \text{ min}$, $3600 \text{ s} = 60 \text{ min} = 1 \text{ h}$. **Millisekunde**, Kurzz. ms, = 10^{-3} s . **Mikrosekunde**, Kurzz. μs , = 10^{-6} s . **Nanosekunde**, Kurzz. ns, = 10^{-9} s .

2) Kurzz. s, gesetzliche Zeiteinheit zur Angabe eines Zeitpunktes, z. B. um 3 Uhr 5 Minuten 7 Sekunden = $3 \text{ h } 5 \text{ min } 7 \text{ s}$.

3) Kurzz. ", gesetzliche Einheit des ebenen Winkels, → Altsekunde, → Neusekunde.

Selbstdiffusion, die Erscheinung, daß in reinem Stoff, z. B. in Wasser oder in einem Stück Eisen, die Moleküle oder Atome von einer Stelle zur anderen wandern. Will man dies bei Eisen feststellen, so bringt man radioaktives Eisen (etwa in Form einer Eisensalzlösung) auf normales Eisen und mißt nach einiger Zeit die Aktivität in verschiedenen Tiefen des Eisenstücks, das man zu diesem Zweck schichtweise abschleift.

Selbstentladewagen, → Eisenbahnwagen.

Selbstfahrer, svw. → Motorgüterschiff.

Selbstfahrlafette, abg. SFL, ein → Geschütz (Kanone, Haubitze, rückstoßfreies Geschütz, Fla-Geschütz) mit drehbarem Turm, das auf ein mittels Verbrennungsmotor (Otto- oder Dieselmotor) angetriebenes Fahrzeug (Vollgleisketten-, Halbgleisketten- oder Räderfahrzeug) montiert ist. (Abb.)

Selbsthemmung, Selbstsperrung, die Eigenschaft von Getrieben, Vorrichtungen und Maschinen, trotz Einwirkung äußerer Kräfte (z. B. Schwerkraft) nicht in Bewegung zu geraten. Die Ursache dafür ist, daß die inneren Widerstände so groß sind, daß sie von den wirkenden äußeren Kräften nicht überwunden werden können und dadurch keine Bewegung möglich ist. S. liegt z. B. vor bei der schiefen Ebene bei kleinem Neigungswinkel, bei der eingängigen Schraube, bei

Flaschenzügen mit höherer Kraftübersetzung, bei Schneckengetrieben. Bei Bewegungsumkehr ist der Wirkungsgrad selbsthemmender Getriebe immer kleiner als 50 %.

Selbstinduktion, → Induktion 2).

Selbstinduktionskoeffizient, svw. → Induktivität.

Selbstlenkung, Selbststeuerung, häufig verwendete Bezeichnung für die → Regelung und → Steuerung des Kurses und anderer Parameter von Land-, Luft- und Wasserfahrzeugen durch ein vorgegebenes, eingebautes Programm, so daß eine Beeinflussung im Sinne einer Fernlenkung entfällt. Eine automatische Kurssteuerung liegt z. B. beim → automatischen Piloten vor. Als Meßfühler dient bei Kurssteuerungen häufig ein kardanisch aufgehängter Kreisel. Bei der Astronavigation (Fernraketen) wird die Abweichung vom eingestellten Kurs an der Änderung der Flugbahn zur Stellung von Fixsternen automatisch mit Hilfe optischer Geräte festgestellt und entsprechend korrigiert. Die Zielsuchlenkung (→ Fernlenkung) bei Luftabwehrakten spricht auf elektrische, optische oder akustische bzw. auf Funk- oder Wärmestrahlung des Zieles an.

Selbstorganisation, selbstorganisierendes System, ein durch die Kybernetik verallgemeinerter Begriff, der die Eigenschaften der Selbstproduktion, der Vermehrung struktureller Ordnung (Organisation) und des Lernverhaltens kybernetisch-technischer Systeme in Analogie zu den Eigenschaften von Organismen bezeichnet. Auf der Ebene des Modelldenkens, der für die Kybernetik charakteristischen Denkweise, ist ein Vergleich von Organismen und technischen Systemen (Maschinen) sehr fruchtbar. Solche Vergleiche wurden schon sehr früh angestellt mit dem Ziel, organismisches Verhalten in Maschinen nachzubilden. Aber erst heute sind die Möglichkeiten gegeben, technische Systeme zu planen und zu realisieren, die spezifische organismische Eigenschaften simulieren. Eine solche charakterisierende Eigenschaft der Lebewesen ist ihre Selbstproduktion. Bereits 1948 hat J. v. Neumann ein mathematisch-logisches Schema für die Existenzweise eines selbstproduzierenden Automaten vorgeschlagen. Das ist ein Automat, der unter Aufnahme von entsprechendem Material und entsprechender Energie neue Automaten erzeugt, die diesem kongruent sind. Obwohl dieser Entwurf gegenwärtig nur von rein wissenschaftlichem Interesse ist, gibt es doch bereits vereinfachte Varianten dieses Entwurfes, die bereits im Bereich gegebener praktischer Möglichkeiten liegen.

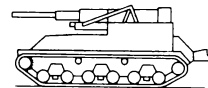
Durch die Beziehung des technischen Systems zu seiner Umwelt „ernährt“ es sich auf Kosten seiner Umwelt, es nimmt „negative Entropie“ auf und kann daher seine innere Ordnung erhöhen. Eng mit dieser Vermehrung struktureller Ordnung ist das Lernverhalten dieser Systeme verbunden. Die verschiedenen Formen des Lernverhaltens, wie sie an Organismen beobachtet werden können, sind bereits durch technische Systeme simuliert worden. Die Entwicklung sogenannter adaptiver Systeme (lernende Automaten) hat große praktische Bedeutung für die Automatisierung z. B. von Produktionsprozessen.

Selbstreinigung der Gewässer, biologische Selbstreinigung der Gewässer, der oxydative Abbau fäulnisfähiger organischer Stoffe in mit Abwasser belasteten Gewässern durch Bakterien und Pilze. Die S. d. G. wird unter anderem von Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Temperatur, Licht- und Strömungsverhältnissen sowie von der biochemischen Abbaubarkeit der Gewässerinhaltsstoffe bestimmt.

Selbstretter, ein → Atemschutzgerät.

Selbstsperrung, svw. → Selbsthemmung.

Selbststeuer, ein Zusatzgerät zum → Kompaß.



Selbstfahrlafette (Vollgleiskettenfahrzeug)

Selbststeuerung, → Selbstlenkung.

Selbstzündermotor, ein sehr kleiner Zweitakt-Verbrennungsmotor, der ein Gemisch von Dieselöl, Benzin, Äther und Schmierstoff gemeinsam mit der Ansaugluft ansaugt und unter mittlerer Verdichtung durch die Verdichtungswärme zur Entzündung bringt. S.en arbeiten also wie Dieselmotoren ohne Fremdzündung und saugen wie Vergaser-Ottomotoren das Kraftstoff-Luft-Gemisch an; sie nehmen eine Zwischenstellung zwischen diesen beiden Motorarten ein. S.en werden zum Antrieb von Kraftfahrzeug-, Schiffs- und Flugmodellen, selten als Fahrradhilfsmotor (Hubraum bis 50 cm³) verwendet.

Selektion, Trennwirkung, in der Funktechnik die Fähigkeit eines Empfängers, einen erwünschten Sender unter Ausschluß von unerwünschten Sendern zu empfangen. Das Maß dafür ist die **Selektivität** oder **Trennschärfe**, die als das Verhältnis des unerwünschten Signals (Bildsignal, Tonsignal) zum erwünschten Signal bei einem bestimmten → Geräuschspannungsabstand am Ausgang des Empfängers definiert ist und im allgemeinen in Dezibel (dB) angegeben wird.

Man unterscheidet zwischen statischer und dynamischer S. Die **statische S.** ist die S., die gegenüber einem einzelnen Signal wirksam wird. Da dieser Fall in der Praxis kaum auftritt, hat die statische S. nur für Fertigungsprüfungen wegen der einfachen Messung eine Bedeutung. Die **statische S.** kann durch Erhöhung der Zahl der Schwingkreise, der Güte der Schwingkreise oder durch zusätzliche Versteilerung der Resonanzkurve von Schwingkreisen durch Einsatz von Bandfiltern im Zwischenfrequenzverstärker (→ Rundfunktechnik) verbessert werden. Um die Eigenschaften eines Empfängers unter praktischen Verhältnissen beurteilen zu können, muß die **dynamische S. (Mehrsignalselektion, wirksame S.)** gemessen werden. Das ist die S., die gegenüber zwei oder mehr Signalen wirksam wird. Gegenüber der statischen S. werden hier nichtlineare Effekte, insbesondere in den ersten Empfängerstufen (z. B. Übersteuerung, Mehrdeutigkeiten, Oszillatormitnahmeeffekte, Kreuzmodulation), berücksichtigt. Zur Verbesserung der dynamischen S. müssen insbesondere die nichtlinearen Effekte in den Empfängereingangsstufen weitgehend verringert werden. Dabei muß entweder die Empfindlichkeit der Empfängereingangsstufen gegenüber solchen Effekten vermindert werden (Verbesserung der Schaltungstechnik z. B. einer Mischstufe oder eines Oszillators), oder die solche Effekte hervorruufenden, unerwünschten Signale werden in der Amplitude verringert, ehe sie an ein solches nichtlineares Glied gelangen (Erhöhung der Vorselektion; darunter versteht man die S., die vor der Mischstufe eines Empfängers wirksam wird).

Die wichtigsten Arten der S. sind: 1) **Nachbarkanalselektion**. Dies ist die Fähigkeit eines Empfängers, ein erwünschtes Signal auf der Empfangsfrequenz von einem unerwünschten Signal im Nachbarkanal (im allgemeinen beim AM-Tonrundfunk ± 9 kHz, beim FM-Tonrundfunk ± 300 kHz und beim Fernsehgrundfunk ± 7 oder ± 8 MHz) zu trennen. 2) **Gleichkanalselektion**. Dies ist die Fähigkeit eines Empfängers, ein erwünschtes Signal auf der Empfangsfrequenz von einem unerwünschten Signal auf der gleichen Frequenz zu trennen. 3) **Spiegelwellenselektion**. Dies ist die Fähigkeit eines Empfängers, ein erwünschtes Signal auf der Empfangsfrequenz von einem unerwünschten Signal auf der Spiegel Frequenz zu trennen. Da bei Rundfunkempfängern (→ Rundfunktechnik) im allgemeinen die Oszillatorfrequenz um die Zwischenfrequenz höher als die Empfangsfrequenz liegt, ist die Spiegel Frequenz gleich der Empfangsfrequenz plus zweimal die Zwischenfrequenz. 4) **Zwischen-**

frequenzselektion. Dies ist die Fähigkeit eines Empfängers, ein erwünschtes Signal auf der Empfangsfrequenz von einem unerwünschten auf der Zwischenfrequenz zu trennen. Als Zwischenfrequenz wird beim AM-Tonrundfunk eine Frequenz zwischen 440 ... 490 kHz (örtlich verschieden), beim FM-Tonrundfunk die Frequenz von 10,7 MHz und beim Fernsehgrundfunk der Frequenzbereich zwischen 33,4 ... 38,9 MHz verwendet.

Selektivruß, → beweglicher Landfunk.

Selen, Symbol **Se**, chemisches Element aus der VI. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der → Chalkogene, Halbmetall; Ordnungszahl 34, Massenzahlen der Isotope 80, 78, 82, 76, 77, 74, 79, Atomgewicht 78,96 (bezogen auf ¹²C), Wertigkeit meist IV, auch II und VI. Für die stabile, metallische Modifikation des S.s gilt: D. 4,81 g cm⁻³ bei 18 °C, F. 220,2 °C, Kp. 688 °C; 1817 von Berzelius im Bleikammerschlamm entdeckt. S. ähnelt in seinen Eigenschaften dem Schwefel. Es kommt in drei metastabilen, nichtmetallischen, roten Formen, einer metastabilen, nichtmetallischen, grauschwarzen Form und einer stabilen, metallischen, grauschwarzen Form vor. Das metallische S. leitet in der Dunkelheit den elektrischen Strom nur wenig, jedoch steigt seine Leitfähigkeit, solange es belichtet wird, auf etwa das Tausendfache an (Halbleitereigenschaft). In flüssigem Zustand ist S. schwarz; Seldampf ist dunkelgelb gefärbt. Die in Kohlendioxid löslichen roten Formen sind bei Zimmertemperatur aus Se₂-Molekülen aufgebaut. Oberhalb 900 °C treten Se₃-Moleküle auf. An der Luft erhitzt, verbrennt S. mit blauer Flamme, wobei ein charakteristischer, an faulen Rettich erinnernder Geruch auftritt. In freier Form kommt S. allein oder zusammen mit Schwefel und Tellur vor. In Form von Seleniden findet es sich hauptsächlich zusammen mit Sulfiden, z. B. mit Pyrit, Chalkopyrit und Sphalerit. Man gewinnt S. als Nebenprodukt bei der Aufarbeitung sulfidischer Erze. Wichtigstes Ausgangsmaterial ist der bei der Kupferelektrolyse anfallende Anodenschlamm. Für seine Verwendung als Halbleiter muß das erhaltene Rohselen durch Vakuumdestillation gereinigt und anschließend gepulvert werden. S. dient vor allem zum Bau von Selenleuchtgeräten, von Selenwiderstandsbrücken, die Bestandteile von Lichtschranken, Zählmaschinen, Alarmanlagen u. dgl. sind, von Selenperschichtphotozellen (z. B. für Belichtungsmesser) und von Selenphotozellen, die z. B. in der Fernseh- und Tonfilmtechnik verwendet werden. Ferner dient S. als Entfärbungs- und Färbemittel für Glas und Emaille und als Legierungszusatz beim Stahlguß. Das Radionuklid **Selen-75**, ein γ -Strahler, wird in Meßgeräten zur Messung der Wandstärke von Röhren u. dgl. verwendet.

Selenverbindungen sind sehr giftig. **Selen(IV)-oxid (Seldioxid)**, SeO₂, hygroskopisch, weiße Nadeln, löst sich in Wasser zu **seleniger Säure**, H₂SeO₃, deren Salze die **Selenite** sind, SeO₃ wird verwendet als Oxydationsmittel, ferner als Zusatz zu Schmier- und Transformatorölen; **Selensäure**, H₂SeO₄, farblose Kristalle, löst im Gemisch mit Salzsäure sogar Gold und Platin, ihre Salze sind die **Selenate**, die z. B. als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt werden können; **Selenwasserstoff**, H₂Se, giftiges, farbloses, sehr reaktionsfähiges, oxydierend wirkendes Gas, seine Salze sind die **Selenide**, von denen z. B. Bleiselenid als Halbleiter in Infrarotdetektoren, Zinkselenid und Zinksulfidselenid als Leuchtstoffe und Kadmiumselenid als Pigment dienen. **Selenit**, svw. → Gips.

seleno... [griechisch selene 'Mond'], auf den Mond bezüglich, z. B. Selenographie, selenologisch.

Selenzelle, ein → Photoelement.

Selfaktor, → Spinnerei.

Seltenerden, die Oxide der → Seltenerdmetalle.

Seltenerdmetalle, **Metalle der Seltenerden**, zusammenfassende Bezeichnung für die in der III. Nebengruppe des Periodensystems stehenden Elemente Skandium Sc, Yttrium Y und Lanthan La und die auf das Lanthan folgenden **Lanthanide** Zr Ce, Praseodym Pr, Neodym Nd, Promethium Pm, Samarium Sm, Europium Eu, Gadolinium Gd, Terbium Tb, Dysprosium Dy, Holmium Ho, Erbium Er, Thulium Tm, Ytterbium Yb und Lutetium Lu. Die Elemente Lanthan bis Thulium werden auch als **Elemente der Lanthanreihe** bezeichnet. Die S. sind – außer Sc und Y – Schwermetalle mit einer Dichte zwischen 5 und 10 g cm^{-3} . Im allg. sind sie weich, gut wärmeleitend, an frischer Schnittfläche silberglänzend, jedoch an der Luft infolge Oxydation meist grau anlaufend.

Die Oxide der S. heißen **Seltenerden** oder **Seltene Erden**, die auf Grund ihres chemischen und physikalischen Verhaltens in **Zeriterden** (Oxide von La, Ce, Pr, Nd und Sm) und **Yttererden** (Oxide der übrigen S.) eingeteilt werden. Die Oxide der S. sind kristalline, meist farbige, in Wasser unlösliche Substanzen von ausgeprägt basischem Charakter.

Von den S.n sind die **Lanthanide** von ganz besonderer Ähnlichkeit. Sie unterscheiden sich nur in der 4. Elektronenschale, die mit steigender Ordnungszahl bis zur vollen Besetzung ausgebaut wird, während die 5. Elektronenschale fast gleich und die 6. (mit 2 Elektronen), die für die chemischen Eigenschaften verantwortlich ist, bei allen Lanthaniden identisch besetzt ist. Diese Tatsachen bedingen z. B. die **Lanthanidenkontraktion**, d. h. die Abnahme des Ionenradius mit steigender Ordnungszahl, und die außerordentliche Ähnlichkeit im chemischen Verhalten.

Die S. kommen in der Natur stets miteinander vergesellschaftet vor, meist in Form von Phosphat oder Silikat. Die wichtigsten Minerale, in denen die den Zeriterden zugrunde liegenden Elemente überwiegen, sind das Phosphat Monazit, die Silikate Zerit und Orthit; die Minerale, die überwiegend die den Yttererden zugrunde liegenden Elemente enthalten, sind z. B. die Silikate Gadolinit und Thalenit sowie Xenotim. Man erhält die S. hauptsächlich als Nebenprodukt bei der Thoriumgewinnung aus Monazit. Durch den Schwefelsäure-, alkalischen oder chlorierenden Aufschluß erhält man Rohverbindungen, die zu Zer-Mischmetall und den einzelnen S.n aufgearbeitet werden. Die Trennung der einzelnen S. gelingt durch Extraktions- und Ionenaustauschverfahren. Man verwendet S. hauptsächlich in Form von → Zer-Mischmetall, z. T. aber auch in reiner Form als Beimischung zu Legierungen.

Lit. Schreiter: Seltene Metalle, Bd II (Leipzig 1961). **semi...**, halb..., in Zusammensetzungen häufig Übergangszustände andeutend.

Semikarbazone, gut kristallisierte und meist scharf schmelzende Kondensationsprodukte von Aldehyden und Ketonen mit Semikarbazid (Amidhydrazid der Kohlensäure) $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}-\text{NH}_2$, die zu deren Nachweis und Charakterisierung dienen.

semipermeabel, halbdurchlässig, → Osmose.

semipolare Doppelbindung, → Bindung 1).

Sender, die Anordnung zur Erzeugung und Modulation von hochfrequenten Schwingungen zum Zwecke der drahtlosen Nachrichtenübertragung (→ Rundfunktechnik). Die hochfrequenten Schwingungen werden von der Sendeanenne abgestrahlt, von der Empfangsantenne aufgenommen und dem Empfänger zugeführt. **Rundfunksender** sind Sender, die für den Rundfunkdienst eingesetzt sind (Tonrundfunk, Fernsehrundfunk).

Senföle, **Isothiozyansäureester**, **Isothiozyanate**, $\text{RN}=\text{C}=\text{S}$, organische Verbindungen. Einige S. finden sich in der Natur, z. B. das **Allylsenföl** (**Allylisothiozyanat**), der riechende Bestandteil des schwarzen Senfsamens und der Zwiebel. Es ist ein tränenreizendes, stechend riechendes, farbloses, giftiges Öl, das man in der Medizin als Hautreizmittel verwendet. Andere S. werden synthetisch hergestellt, z. B. das **Phenylsenföl** (**Phenylisothiozyanat**) aus Anilin und Kohlen-disulfid. Es wird in der organischen Analyse und zu organischen Synthesen verwendet.

Sengen, ein Verfahren der Textilveredlung, das Absengen der von der Oberfläche abstehenden Faserenden. Das S. wird besonders bei Baumwollgeweben angewandt, um die Musterung klar hervortreten zu lassen, sowie bei zu bedruckenden Geweben. Bei der **Gas-Sengmaschine** wird das Gewebe mit hoher Geschwindigkeit an Gasflammen vorbeigeführt, die aus schlitzförmigen Brennern austreten. Wollgewebe sengt man auch zwischen erhitzten Kupferplatten (**Plattensenge**) oder mittels elektrisch beheizter Stäbe. Garne werden auf Garnsengmaschinen (**Gasiemaschinen**) gesengt (gasiert).

Senkblei, → Lot 2).

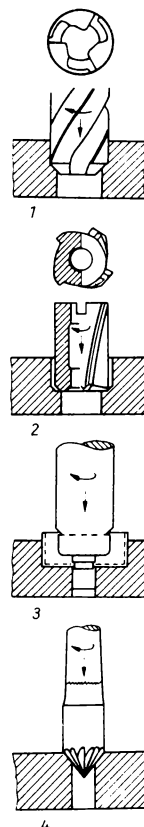
Senken, ein Verfahren der spanenden Formung, durch das Bohrungen entgratet, angefast und zu toleranzhaltigen Sitzflächen für Schrauben-, Bolzen- und Nietköpfe, Muttern, Keile u. a. erweitert sowie Bohrungen in ihrer gesamten Länge erweitert oder geformt werden können. Auch Tragkegel zur Werkstückführung lassen sich durch S. herstellen. Das S. geschieht mit bohrerähnlichen **Senkern**, die Stirnschneiden haben. Sie werden in eine Bohr- oder Drehmaschine (auch Drehautomat und Revolverdrehmaschine) gespannt. Der Spiralsenker, das am häufigsten verwendete Senkwerkzeug, ist dem Spiralbohrer sehr ähnlich, hat jedoch mehr als zwei Hauptschneiden. Der Aufstecksenker hat vier Hauptschneiden. Beide werden besonders zum Aufbohren verwendet. Flachsensker sind zweischneidige Werkzeuge, an denen ein Zapfen zu ihrer Führung in der Bohrung angebracht ist. Sie werden also wie Spiralsenker mit Zapfen zum Herstellen ebener Sitzflächen und zum Vertiefen von Bohrungen benutzt. Beide Arten bezeichnet man auch als Zapfensenker. Spitzsenker weisen eine Kegelspitze mit mehreren Schneiden auf, die ungleiche Teilung haben, um das Entstehen von Rattermarken in der Senkung zu vermeiden. Die Form der Senkerspitze wird der herzustellenden Einsenkung entsprechend gewählt. Spitzsenker dienen vor allem zum Entgraten und Anfasen. Bei Stufensenkern ist der Schneidenteil stufenförmig abgesetzt; Stufensenker werden vor allem zum Aufsenken auf verschiedene Durchmesser verwendet.

Lit. → Bohren.

Senkkasten, → Gründung.

Senkrechte, in der Geometrie eine Gerade, die auf einer gegebenen Geraden oder Ebene senkrecht steht, d. h. mit dieser einen Winkel von 90° bildet.

Senkrechtstart (Tafel 10), der Start eines Luftfahrzeuges ohne Bewegung in der Waagerechten. Der S. ist wie die **Senkrechtlandung** grundsätzlich nur möglich, wenn der erforderliche Auftrieb ohne Fortbewegung des Luftfahrzeuges erzeugt werden kann. Senkrecht starten können Hubschrauber und Flugschrauber (→ Rotorflugzeuge) sowie → Hubstrahler und spezielle, auch als VTOL-Flugzeuge bezeichnete **Senkrechtstarter** (VTOL, Abk. für englisch vertical take-off and landing). Die senkrecht startenden Luftfahrzeuge haben den Vorteil, daß sie nur eine sehr kleine Start- und Landefläche benötigen. Bei VTOL-Flugzeugen handelt es sich um flächengetragene Luftfahrzeuge, die für den S. in strahlgetragene umgewan-



Senkwerkzeuge: 1 Spiralsenker, 2 Aufstecksenker, 3 Zapfensenker, 4 Spitzsenker

delt werden. Bei → Konvertiplanen (Umwandlungsflugzeugen) geschieht dies z. B. durch Senkrechthalten des Triebwerks. **Heckstarter**, z. B. das → Ringflügelflugzeug, starten und landen auf dem Heck, d. h. sie nehmen bei Start und Landung eine nahezu oder genau vertikale Richtung ein, wobei sie entweder auf Rädern stehen, die an den Tragflügelenden angebracht sind, oder an einer stählernen, z. T. fahrbaren Startvorrichtung hängen. Nach Erreichen der gewünschten Höhe wird das Flugzeug in den Waagerechflug gebracht. Der Pilotsitz ist drehbar aufgehängt, so daß der Flugzeugführer sowohl beim S. als auch beim Waagerechflug in normaler Stellung sitzt. Die größte Bedeutung unter den VTOL-Flugzeugen haben äußerlich wie normale Starrflügler aussehende Flugzeuge mit speziellen Hubtriebwerken im Rumpf und unter den Tragflächen.

Senkwaage, svw. → Aräometer.

Sensibilisator, ein Stoff, der photochemische oder photophysikalische Vorgänge für Licht bestimmter Spektralbereiche empfindlich macht oder die Empfindlichkeit steigert. Bei der Herstellung photographischer Emulsionen unterscheidet man chemische und optische S.en. Als chemische S.en gelten die Reifkörper der Gelatine, Gold- oder Vanadinverbindungen. Sie bewirken eine Steigerung der Empfindlichkeit (bei Goldsalzen keine Zunahme der Korngröße). Vertreter der optischen S.en sind meist organische Farbstoffe aus der Gruppe der Phthaleine oder Zyanine. Ihre Wirkungsweise liegt darin, daß ein Farbstoff zunächst von dem Silberbromid absorbiert wird. Der Farbstoff absorbiert seinerseits die photographisch wirksame Lichtenergie und überträgt sie auf das Silberbromid, in dem dann das latente Bild entsteht. Die optischen S.en erweitern den Spektralbereich des Silberbromids, das als lichtempfindliche Substanz der photographischen Schicht eine Eigenempfindlichkeit im kurzwelligen Gebiet besitzt, auf längere Wellen (orthochromatische, panchromatische und superpanchromatische Sensibilisierung) und erschließen auch das dem Auge unsichtbare Infrarot.

Sensitometrie, im engeren Sinne Methode zum Bestimmen der Lichtempfindlichkeit photographischer Materialien (→ Empfindlichkeit). Unter S. im weiteren Sinne versteht man das Ermitteln aller photographischen Eigenschaften der lichtempfindlichen Schichten, d. s. neben den Angaben, die sich der Schwärzungskurve (→ Schwärzung) entnehmen lassen, auch → Auflösungsvermögen, Farbenempfindlichkeit (→ Photographie), → Konturenschärfe, → Körnigkeit u. a. **Sensor**, ein Test- und Kontrollgerät, z. B. ein Photoelement, das nur einen engen Raumwinkel erfaßt (**Lagesensor**). S.en werden in künstlichen Erdsatelliten oder in Raumsonden eingesetzt, um die Lage dieser Körper relativ zum Erdhorizont oder zu einem Himmelskörper (Sonne, Mond u. a.) zu ermitteln und festzulegen. Ferner dienen S.en zur Kontrolle von Temperatur, Druck u. a.

Sentenriß, ein → Linienriß.

Seomag-Verfahren, → anodische Oxydation.

Separator, → Zentrifuge.

Sepiolith, **Meerscham**, ein Mineral, $Mg_4(H_2O)_2(OH)_2Si_4O_{15} \cdot 3H_2O$; orthorhombisch, weiß, gelblich, blaugrün, Härte nach Mohs 2 bis 2,5, D. 2 g cm^{-3} . S. findet sich in erdig-knolligen Massen als seltene Verwitterungsbildung im Serpentin; er ist sehr porös und schwimmt daher auf Wasser. S. wird zur Herstellung von kunstgewerblichen Gegenständen verwendet.

Septarie, meist größere, rundliche, durch Austrocknung innen rissige und dadurch gekammerte kalkige Konkretion in Ton, entstanden durch nachträgliche Anreicherung von Kalzit um ein Fossil.

Ser, Abk. für → Serin.

Serie, 1) Fertigungstechnik: die Anzahl der in einem Betrieb in zusammenhängender Fertigung herzustellenden Erzeugnisse (auch Einzelteile und Baugruppen) gleichen Typs und gleicher Konstruktion. Dabei ist es möglich, konstruktive Änderungen von Serie zu Serie zu berücksichtigen. Eine S. kann in → Lose unterteilt werden. **Nullserie** ist die einer Serienfertigung vorangehende Probeserie (geringe, begrenzte Stückzahl) zur Erprobung der Fertigungseinrichtungen.

2) Atomphysik: eine nach bestimmten Gesetzen angeordnete Folge von Linien in einem Atomspektrum, z. B. im Wasserstoffspektrum. Innerhalb einer S. laufen die Linien nach dem kurzwelligen Ende hin immer dichter zusammen (**Seriengrenze**). Eine bestimmte S. kommt durch Emission von Lichtquanten aus dem Atom zustande, wenn ein Hüllenelektron von Zuständen verschiedener Energie in den gleichen Endzustand übergeht.

Serienfertigung, eine → Fertigungsart.

Serigraphie, svw. → Siebdruck.

Serin, abg. **Ser**, α -Amino- β -hydroxypropionsäure, $HO-CH_2-CH(NH_2)-COOH$, eine Aminosäure. S. kommt z. B. im Serizin und Fibroin reichlich vor und ist als Bestandteil der Kephale in jeder Zelle, besonders im Gehirn, enthalten. Der Ester mit Phosphorsäure hat physiologische Bedeutung als Bestandteil von Phosphoproteiden und Phosphatiden.

Serizin, → Proteine.

Serizit, ein → Glimmer.

Serpentin, eine Mineralgruppe von Magnesium-hydrosilikaten. Nach der Ausbildung unterscheidet man a) **Chrysotil**, **Faserseerpentin**, $Mg_3[(OH)_4Si_2O_5] \cdot nH_2O$, → Garnierit und b) **Antigorit**, **Blätterserpentin**, $(Mg, Fe)_3[(OH)_4Si_2O_5]$; monoklin, gelblich, grün bis schwärzlichgrün, Härte nach Mohs 3 bis 4, D. 2,5 bis 2,6 g cm^{-3} . S. ist aus hydrothermalen Lösungen und der Hydratisierung von Olivin, Pyroxen, Amphibol u. a. entstanden und weit verbreitet, besonders in ausgedehnten Serpentinierungen peridotischer Gesteine sowie gesteinsbildend als **Serpentin**. Verwendung → Asbest.

Serpentinite, metamorphe Gesteine, die vorwiegend aus Serpentin-Mineralen bestehen und daneben als untergeordnete Gemengteile Magnetit, Chromit, Hämatit u. a. enthalten. S. sind in allen Tönen gefärbt, hell- bis dunkelgrün, braun, rötlich, grau, geadert, streifig und fleckig. Sie sind vornehmlich aus Gesteinen der Peridotit- und Pyroxenreihe entstanden. Die Vorkommen sind sehr zahlreich, berühmt sind die S. von Nischne Tagilsk im Ural durch ihren Gehalt an Platinmetallen. Wegen der guten Polierfähigkeit und leichten Bearbeitung verwendet man S. als Baumaterial, z. B. für Wandverkleidungen und für kunstgewerbliche Zwecke.

Servobremse, eine Bremse, bei der die zum Bremsen aufgewendete Kraft mechanisch, pneumatisch oder hydraulisch verstärkt wird. Eine S. ist z. B. die Zweibackenservobremse beim Kraftwagen, bei der die Stützkraft einer Bremsbacke als Spannkraft für die andere benutzt wird. Es gibt auch normale Bremsanlagen, bei denen die Fußkraft durch eine pneumatische oder hydraulische Zusatzeinrichtung (**Bremskraftverstärker**) verstärkt wird.

Servolenkung, → Kraftwagen.

Servomotor, → Stellanttrieb.

Sesamöl, → Fette und fette Öle.

Sessellift, eine → Seilschwebebahn.

Setzen, 1) graphische Technik: das Aneinanderreihen von Schriftzeichen (→ Lettern) nach einer Satzvorlage (Manuskript) zu einer Druckform. Beim **Handsatz** werden die einzelnen metallischen Lettern vom Setzer im *Winkelhaken*

einem rechtwinkligen, in der Länge verstellbaren Formbehälter, längs einer Führungsschiene, der Setzlinie, aneinandergereiht, bis die Zeile gefüllt ist. Zwischen die einzelnen Wörter kommt → Ausschuß und zwischen die einzelnen Zeilen → Durchschuß. Sobald der Winkelhaken mit Zeilen gefüllt ist, wird der Satz „ausgehoben“, auf das *Satzschiff*, eine mit Rahmen versehene Metallplatte, gestellt und nach und nach zu einer Seite (Kolumne) zusammengefügt.

Beim **Maschinensatz** wird mit Setzmaschinen gearbeitet. Die gebräuchlichste Art ist die **Zeilen-gußsetzmaschine** (z. B. *Linotype*, *Intertype*): Der Setzer schlägt auf einer Tastatur ähnlich wie bei der Schreibmaschine die einzelnen Buchstaben an. Deren Gießformen, die Matrizen, fallen dadurch nacheinander aus einem Vorratsbehälter (Magazin) durch senkrechte Kanäle auf einen umlaufenden Sammelriemen, der sie in dem Sammelevator zur Zeile aneinanderreihet. Durch Hebeldruck wird dann die Matrizenzeile selbsttätig auf die entsprechende Zeilenbreite aus geschlossen, an die Gießvorrichtung geführt und hier mit geschmolzenen Blei im Ganzen abgossen, so daß eine zusammenhängende Schriftzeile entsteht. Nach dem Guß wird die Matrizenzeile durch einen Hebelarm in die Ablegevorrichtung befördert, die sie wieder zerlegt und die einzelnen Matrizen in die zugehörigen Fächer des Magazins zurückbefördert. Eine Zeilen-gußsetzmaschine ist auch die *Typograph-Setzmaschine*. Hier hängen die Matrizen in einem als Matrizenkorb bezeichneten Gestell an Führungsdrähten. Die besonders für in sich unterschiedlichen Satz geeignete **Einzelbuchstaben-Setz- und -Gießmaschine** (vornehmlich System *Monotype*) besteht aus zwei getrennt arbeitenden Maschinen, der eigentlichen Setzmaschine (Taster) und der Gießmaschine. Der Taster hat 255 Tasten (das Alphabet in 3 verschiedenen Schriftarten). Durch Tastenanschlag werden in einen Papierstreifen kleine Löcher gestanzt, die in ihrer Zusammenstellung dem jeweils angeschlagenen Buchstaben entsprechen. Dieser Lochstreifen steuert den Mechanismus der Gießmaschine, die automatisch die einzelnen Buchstaben gießt und zu Wörtern und Zeilen zusammensetzt.

Das Setztempo kann durch Einsatz lochband-gesteuerter Zeilengußsetzmaschinen (Schnellsetz-technik, abg. SST), der Setzautomaten (Tafel 34), erheblich gesteigert werden. Zur TTS- (Abk. für Teletypesetter) oder Schnellsetz-Anlage gehören der Perforator, eine Art Schreibmaschine, auf der ein Lochstreifen zur Steuerung der Setzmaschine hergestellt wird und die von Hand bedient werden muß, sowie der Setzautomat (z. B. Lobatron-Setzautomat), ein Vermittlungs-geschäft, das an die Tastatur der Setzmaschine angebaut wird und dieser die in den Lochstreifen eingestanzten Arbeitsbefehle übermitteln. Der Lochstreifen wird beim Einsatz des *Teletypesetters* zur telegrafischen Übermittlung des

Textes benutzt, z. B. für den gleichzeitigen Satz von Zeitungen gleichen Inhalts an mehreren Orten. Dazu wird ein Lochstreifen sender verwendet. Am Empfangsort empfängt der Lochstreifenempfänger (Reperforator) die gesendeten Impulse und überträgt sie wieder auf ein Papierband, das zur Steuerung der Schnellsetzmaschine mit Hilfe des Setzautomaten dient. Auf einem angeschlossenen Klarschrift-Empfangsgerät werden die gesendeten Texte zur Kontrolle in Klarschrift wiedergegeben.

Mit Hilfe der **Photo- oder Lichtsetzmaschinen** ist es möglich, für den Offset- und Tiefdruck, aber auch für die Chemigraphie Kopiervorlagen als Photosatz mit scharf gestochenen Schriftbildern herzustellen. Das Produkt dieser Maschinen ist ein Film mit positiven oder negativen Schriftzeilen oder auch positiver Schrift auf Photopapier. Der *Intertype-Fotosetter* und die *Mono-photo* gleichen den Setzmaschinen Intertype und Monotype, aus denen sie entwickelt worden sind. An Stelle der Gießvorrichtung enthalten sie aber eine photographische Kamera mit einer Belichtungseinrichtung. Die Matrizen tragen durchsichtige Negativ-Buchstabenbilder (Mutternegative), die auf lichtempfindliches Material – Film oder Photopapier – projiziert werden. Dabei bewegt sich dem Setztempo und dem Zeilenfortschritt entsprechend entweder das Photomaterial (wie beim Fotosetter) oder der die Projektion bewirkende Doppelspiegel, wobei das Photomaterial stillsteht (wie bei der Monophoto). Die Mutternegative sind beim Fotosetter seitlich in Einzelmatrizen, Fotomats, eingebettet. Die Monophoto weist einen Letternrahmen auf, der aus den Mutternegativen zusammengesetzt ist. Die Bewegung des Letternrahmens wird durch den Lochstreifen des Monotype-Tasters in gleicher Weise gesteuert wie bei der Bleisatz-Monotype.

Die **Lumitype-Lichtsetzmaschine** (auch als **Photon** bekannt) arbeitet elektronisch. Sie besteht aus einem Tastgerät mit einer elektrischen Schreibmaschine und einem Perforiergerät zur Herstellung eines Steuer-Lochstreifens und einem Photosetzgerät. Bei der **Linofilm-Lichtsetzmaschine** ist der Arbeitsprozeß ebenfalls geteilt: Der Text wird in einem Tastgerät auf einen Lochstreifen übertragen, der dann in einem Photosetzgerät den Projektionsvorgang steuert. Bei den beiden zuletzt angeführten Photosetzmaschinen entsteht während des Tastens zur Kontrolle eine Klarniederschrift auf Papier.

Lumizip, Digiset und Linotron wenden Verfahren der Elektronik und der Fernsehtechnik an.

Lit. Büchner: Die Schnellsetztechnik (Leipzig 1965); Fritzsche: Der Schriftsetzer (Leipzig 1968).

2) **Aufbereitung:** ein Verfahren zur Anreicherung und Abtrennung von Nutzkornen aus tauben Gestein unter Ausnutzung der unterschiedlichen Dichte der Komponenten. Durch einen Wasser- oder Luftstrom, der stoßweise durch eine Schüttung eines Gemisches tritt, wird eine Auflockerung und Umschichtung in der Weise bewirkt, daß das spezifisch schwerere Material nach unten wandert und von den Partikeln geringerer Dichte überschichtet wird. Das S. erfolgt technisch in kontinuierlich arbeitenden **Setzmaschinen**, wobei der getrennte Austrag der beiden entstandenen Schichten durch in der Höhe verstellbare Schieber oder Glocken eingestellt werden kann. Voraussetzung für einen guten Trennerfolg sind genügende Dichtedifferenzen, geeignete Kornformen, oft auch eine vorherige Siebklassierung.

Setzkopf, → Niet.

Setzmaschine, → Setzen.

Setzstock, svw. → Lünette.

Setzwaage, die → Wasserwaage.

SEV, Abk. für Sekundärelektronenvervielfacher, → Sekundäremissionsvervielfacher.

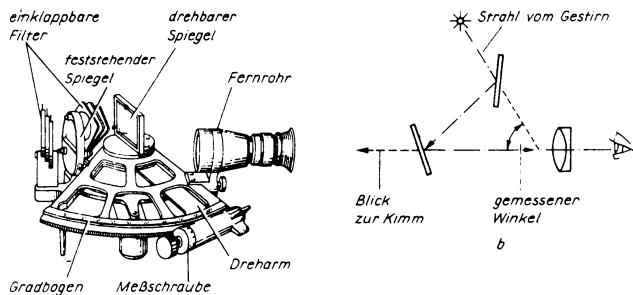
Satzleistung je Stunde

Satzarbeit	Zeichen oder Kommandos
Handsatz	1100 ... 1500 (je nach Schriftgrad)
Typograph-Setzmaschine	4500
Linotype/Intertype	6000
Monotype	6000 (Tasten), 8500 (Guß)
Schnellsetzmaschine mit Teletypesetter	24000
Fotosetter	6000
Monophoto	12000
Photon-Lumitype	28800
Linofilm	35000
Lumizip 901	1000000
Digiset	1500000
Linotron	bis 4000000

Sexagesimalsystem

Sexagesimalsystem, ein auf der Zahl 60 als Basis beruhendes Zahlensystem. Es ist das älteste uns bekannte → Stellenwertsystem und wurde (allerdings in nicht konsequenter Weise) bereits bei den Babyloniern angewandt, später bei den Griechen und Indern. Spuren davon erkennen wir noch in der Minuten- und Sekundenteilung, in der Teilung des Vollwinkels in 360 Grad, in den Zählmaßen Schock (60 Stück), Dutzend (12 Stück) und Mandel (15 Stück).

Sextant m, ein Gerät zum Messen des Winkels zwischen zwei Visierlinien. Der S. dient vor allem als Navigationsgerät zur Bestimmung des Schiffsortes auf See durch Messen der Gestirnsabstände von der Kimm (Meereshorizont). In der terrestrischen Navigation gewinnt man durch Messung von Höhenwinkeln von Objekten bekannter Höhe (Leuchttürme) oder von Horizontalwinkeln zwischen zwei in der Seekarte angegebenen Türmen oder ähnlichen Objekten Standlinien zur Ortsbestimmung. Der S. besteht aus einem Gradbogen (Kreissektor) von 60°, der eine Winkelteilung von 0° bis 120° ($\frac{1}{2}^\circ$ -Intervalle) trägt. An dem Metallkörper des S. befinden sich ein feststehender Spiegel, der nur in seiner unteren Hälfte einen Spiegelbelag trägt, und ein drehbarer Spiegel, dessen Dreharm (Alidade) die Ablesemarke (Index) für den Gradbogen enthält. Als Zieleinrichtung dient ein Fernrohr. Zielt man in direkter Sicht über den unbelegten Teil des feststehenden Spiegels die Kimm an und stellt den beweglichen Spiegel derart ein, daß das durch zweimalige Spiegelung im Fernrohr sichtbare Bild eines Gestirns, z. B. der Sonne, in Kimmhöhe erscheint, so kann man am Gradbogen den Winkel zwischen Kimm und Gestirn ablesen.



Trommelsextant: a Ansicht, b Strahlengang

Nach dem für zweimalige Spiegelung geltenden optischen Gesetz wird ein Lichtstrahl nach zweimaliger Spiegelung an zwei ebenen Spiegeln um den doppelten Winkel abgelenkt, den diese beiden Spiegel miteinander einschließen. Man mißt also mit dem 60°-Winkel bis zu 120°. Aus dem so ermittelten Höhenwinkel von Gestirnen und der mittleren Greenwicher Zeit kann man unter Benutzung astronomischer Tabellen den Schiffsort bestimmen. Außer Ortsbestimmungen sind Zeitbestimmungen möglich. Bei modernen S. ist die Winkelablesung durch Meßschrauben- (Mikrometer-) Ablesung (**Trommelsextant**) oder Skalennikroskop (**Skalensextant**) auf einer Minutenteilung möglich, so daß $1/10'$ geschätzt werden können. Als Blendschutz bei Sonnenbeobachtungen und zur Lichtstärkeregelung dienen Filter, die in den Strahlengang eingeclippt werden können. Um von der direkten Zielung nach der nicht in allen Fällen sichtbaren Kimm unabhängig zu werden, verwendet man **Libellen-** oder **Kreiselsextanten**, bei Beobachtung an Land einen → künstlichen Horizont. — Der **Radiosextant** ist ein Gerät zur radioastronomischen Peilung, → Funkortung und Funknavigation.

Sexualhormone, **Geschlechtshormone**, eine Gruppe von Hormonen, die in den Keimdrüsen gebildet werden und das Wachstum sowie die Ausbildung der Geschlechtsorgane und der sekundären Geschlechtsmerkmale bewirken. Sie gehören zur Gruppe der Steroide. Die Keimdrüsen werden zur innersekretorischen Tätigkeit erst durch die den S. übergeordneten Hormone des Hypophysenvorderlappens angeregt.

Die **weiblichen (östrogeen) S.** werden vom Eierstock gebildet. Man unterscheidet die in der ersten Phase des weiblichen Sexualzyklus produzierten **Follikelhormone** Östron, Östradiol und Östriol und das in der zweiten Phase gebildete **Gelbkörperhormon** Progesteron (Corpus-luteum-Hormon, Schwangerschaftshormon). In bestimmten Zellen der Plazenta wird das Choriongonadotropin gebildet. Die **männlichen (androgenen) S.** Testosteron und Androsteron werden im Hoden gebildet.

Sferics, **Atmosphärics**, atmosphärisch bedingte Knack- oder Zischstörungen beim Rundfunkempfang, die meist von Gewitterentladungen herrühren. Mit Hilfe von Radiogoniometern und Atmoriadiographen werden sie geortet und registriert, um Aussagen über den Zustand der Atmosphäre zu gewinnen (→ Radiometeorologie). **SFL**, Abk. für → Selbstfahrlafette.

sfm, Kurz. für → Schichtfestmeter.

Shapingmaschine, frühere Bezeichnung für Waagrechtstoßmaschine, → Hobeln.

Sherardisieren, ein von Sherard Cowper Coles erfundenes Oberflächenbehandlungsverfahren zum Verzinken von Stahlteilen der Massenfertigung. Das S. erfolgt in geschlossenen rotierenden, mit einem Quarzsand-Zinkstaub-Gemenge versehenen Stahltrommeln bei einer Temperatur von ungefähr 400 °C, wodurch der entstehende Zinküberzug unter Bildung einer Eisen-Zink-Legierung aufdiffundiert wird.

SHF, Abk. für Super High Frequency, → Frequenz.

short ton, → ton 2).

Shrinken, in der Textilindustrie ein Ausrüstungsverfahren bei Wollgewebe nach Trocknungsprozessen, wobei das Gewebe die ihm entzogene Feuchtigkeit wieder aufnimmt. Durch S. werden Griff und Gebrauchstüchtigkeit verbessert. Das Gewebe wird zwischen nasse Tücher eingehängt oder mit Wasserdampf besprüht.

sh tn, Kurz. für short ton, → ton 2).

Shunt, svw. → Nebenschlußwiderstand.

Si, Symbol für → Silizium.

SI, Kurz. für Internationales Einheitensystem, → Einheitensysteme.

Sial, → Erde, Abschn. 4.

siallitisch, Bezeichnung für eine Verwitterung, die Aluminiumsilikate (Tonminerale) liefert.

Sicherheitsbeiwert, → zulässige Spannung.

Sicherheitsfahrerschaltung, abg. Sifa, **Totmanneinrichtung**, **Totmannbremse**, eine Vorrichtung zum Stillsetzen eines Eisenbahnzuges bei Ausfall des Lokomotivführers. Der Lokomotivführer drückt während der Fahrt ständig eine Taste (Totmannknopf). Bei Ausfall des Fahrers, z. B. infolge Unwohlseins, ertönt ein Alarmhorn, und kurz darauf tritt automatische Notbremsung ein. Die S. wird bei elektrischen und Diesellokomotiven sowie bei Triebwagen angewendet, d. h. also dort, wo sich der Lokomotivführer allein auf dem Führerstand befindet.

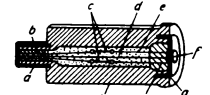
Sicherheitssprengstoffe, die Sammelbezeichnung für handhabungssichere Bergbauprengstoffe, die bei ihrer Anwendung in Gruben brennbare Gas-Luft- und Staubgemische nicht zünden. Dies erreicht man durch Herabsetzung der Energie des Sprengstoffs und der Temperatur der Explosionsflamme durch Zusätze von anorganischen Salzen, meist von Natriumchlorid NaCl, die durch ihre Schmelzwärme der Flamme

Wärme entziehen. **Wettersprengstoffe** ist die deutsche Bezeichnung für S., die gegen Methan (Schlagwetter) und Kohlenstaub sicher sind.

Sicherheits- und Rettungsausrüstung, Ausrüstung der Luftfahrzeuge, die insbesondere der sicheren Durchführung des Fluges und z. B. bei Havarien in der Luft und am Boden der Lebensrettung der an Bord befindlichen Personen dient. Die **Feuerlöschanlage** umfaßt die Feuerwarnanlage und die eigentliche, stationäre Feuerlöschanlage, ferner Handfeuerlöscher für Passagierkabinen und Frachträume. In den feuergefährdeten Zonen (Triebwerksräume, Fahrwerkschächte, Kraftstoffbehälter) befinden sich die Thermoelemente der Feuerwarnanlage, die dem Luftfahrzeugführer meist optisch und akustisch das Auftreten von Feuer anzeigen. Daraufhin erfolgt entweder selbsttätig oder durch den Luftfahrzeugführer das elektrische Auslösen der stationären Feuerlöschanlage. Das Löschmittel (für Triebwerksbrände vorwiegend halogenierte Kohlenwasserstoffe) strömt aus Flaschen durch Rohrleitungen zum Feuerherd. Stationäre **Sauerstoffanlagen** gehören heute zur Ausrüstung der Besatzungen von Luftfahrzeugen. Vielfach sind auch in den Passagierkabinen von Verkehrsflugzeugen stationäre Sauerstoffanlagen vorhanden, oder das Luftfahrzeug führt transportable Sauerstoffgeräte zur individuellen Benutzung bei Unwohlsein der Passagiere mit sich (→ Höhenatmegeräte). Durch **Enteisungsanlagen** wird Eisansatz an den Vorderkanten der Tragflügel und des Leitwerkes sowie an den Luftschrauben verhindert, → Vereisung. **Rettungsfallschirme** (→ Fallschirm) dienen der Lebensrettung von Luftfahrzeugbesatzungen aus Luftnot. Mit Rettungsfallschirmen sind Erprobungs-, Sport-, Forschungs- und Kriegsflugzeuge ausgerüstet, jedoch nicht Verkehrsflugzeuge. In Hochgeschwindigkeitsflugzeugen sind zur Rettung der Besatzung aus Luftnot → Schleudersitze eingebaut. Für Notlandungen auf dem Wasser sind → **Seenotrettungsgeräte** vorgesehen. Zur S. u. R. gehören ferner **Anschallgurte** für Passagiere und Besatzungen, **Notrutschen** zum schnellen Verlassen des Luftfahrzeuges nach Notlandungen, **Signalmittel** (Leuchtpistole, Leuchttraketen) zum Signalisieren bei Luftnot, **Druck- bzw. Strahlungsschutzanzüge** vorwiegend für Besatzungen von Forschungs-, Erprobungs- und Kriegsflugzeugen. **Sicherheitsventil**, an Dampfkesseln eine Absperrvorrichtung, die sich selbsttätig öffnet und Dampf abläßt, wenn der Dampfdruck im Inne-

ren größer als zulässig wird. Das gewichtsbelastete Ventil wird dann angehoben, wenn das Produkt „Dampfdruckkraft · kurzer Hebelarm“ größer ist als das Produkt „Gewicht · langer Hebelarm“. Das federbelastete Ventil öffnet sich, wenn die Dampfdruckkraft die Federkraft übersteigt.

Sicherung, 1) Elektrotechnik: eine Schutzvorrichtung, die Anlagenteile und Geräte vor Überstrom und Überspannung schützt. 1) **Überspannungssicherungen** sind → Hörnerableiter und → Katodenfallableiter, 2) **Überstromsicherungen** (Schmelzsicherungen) sind die Patronensicherung, die Streifen- oder Lamellensicherung, die Röhrensicherung. Bei der **Patronensicherung** sind innerhalb eines mit Sand als Löschmittel gefüllten Porzellankörpers, der Patrone (Abb. 1), ein oder zwei feine Drähte (Schmelzdrähte) ausgespannt. Ein Ende davon ist an einem farbigen, an der Patronenstirn sichtbaren Kennplättchen, das andere am Fußkontakt angelötet. Bei Überlastung der Leitung oder Kurzschluß erwärmt sich der Schmelzdraht übermäßig stark und schmilzt durch; der Stromfluß ist dann unterbrochen. Gleichzeitig springt das farbige Plättchen, das unter der Spannung einer kleinen Feder steht, heraus und zeigt damit an, daß die S. durchgebrannt ist. Schmelzsicherungen werden bis etwa 200 A Nennstromstärke hergestellt und sind für Nennspannungen bis 500 V und 750 V ausgelegt. Sie schmelzen bei der 1,8- bis 2fachen Nennstromstärke sicher ab, sollen aber die 1,6fache Nennstromstärke eine Stunde lang aushalten.

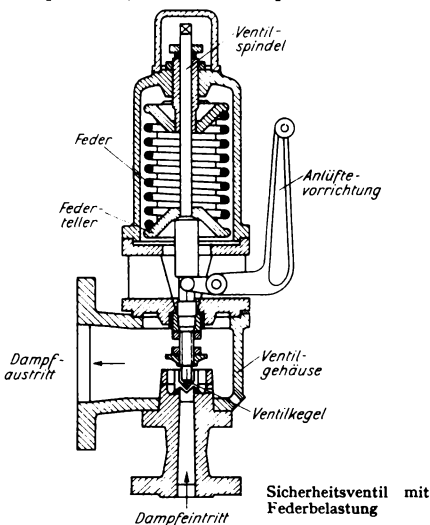


1 Schmelzpatrone. a Kontakt, b Asbestpfropfen, c Schmelzdrähte, d Kennplättchen, e Sandfüllung, f Kennplättchen, g Kopfkontakt, h Porzellankörper

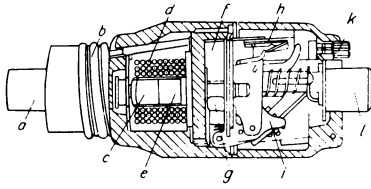
Kennfarben für Schmelzsicherungen

Nennstrom in A	6	10	15	20	25	35	60
Kennfarbe	grün	rot	grau	blau	gelb	schwarz	kupfern

Man unterscheidet nach dem Verhalten bei stärkeren Stromstößen *flinke*, d. s. die üblichen, und *träge* S.en. Bei 5fachem Nennstrom schaltet die flinke S. nach 0,1 Sekunde, eine träge S. jedoch erst nach etwa 1 Sekunde ab. Träge S.en. verwendet man z. B. für Hauptsicherungen und für Motorstromkreise. **Streifen- oder Lamellensicherungen** bestehen aus einem Isolierstreifen, der mit dem Schmelzdraht umwickelt ist, oder aus Streifen aus Silber oder Kupfer-Silber-Legierungen, die an den Enden mit Klemmbacken versehen sind. **Röhrensicherungen** bestehen aus einer Glasröhre mit Metallköpfen, die durch einen Draht oder einen Drahtwendel verbunden sind. Streifen- und Röhrensicherungen werden z. B. in Kraftfahrzeugen, elektrischen Geräten, Rundfunkempfängern verwendet. Bei der **Rücklötsicherung** der Fernmeldetechnik wird durch eine Heizwicklung bei zu großen Stromstärken eine Lötstelle so weit erwärmt, daß sich ein unter Federkraft stehender Bolzen ablösen kann und damit den Stromkreis unterbricht. Die Rücklötsicherung kann durch Erwärmen sehr leicht wieder verwendbar gemacht werden. **Sicherungsautomaten** (Leitungsschutzschalter, Installations-selbstschalter) lassen sich nach dem Unterbrechen des Stromkreises beliebig oft wieder einschalten (Abb. 2). Sie enthalten eine Feder, die über einen Hebel einen Kontakt geschlossen hält, und eine Stromspule. Bei Kurzschluß entsteht in der Spule ein kräftiges magnetisches Feld. Hierdurch wird ein Anker angezogen, der die Feder entspannt und den Kontakt öffnet, so daß der Stromkreis unterbrochen wird. Sicherungsautomaten enthalten meist noch eine **Bimetallsicherung** (thermische S.), die erst bei länger andauernden geringeren Überströmen anspricht.



Bei der Bimetallsicherung wird ein Streifen Bimetall durch den Stromfluß erwärmt. Bei Überbeanspruchung verbiegen sich die Streifen und geben eine Feder frei, wodurch ein Kontakt unterbrochen wird. Das Wiedereinschalten erfolgt durch Druck auf einen Knopf oder Umlegen



2 Sicherungsautomat. *a* Fußkontakt, *b* Gewinde, *c* bewegliches Ankerstück, *d* Magnetspule zur Erzeugung des Kraftfeldes, *e* Weichenkern, *f* feste Kupferkontakte, *g* bewegliche Kupferschaltbrücke, *h* Bimetall des thermischen Auslösers, *i* Klinkwerk zur Übertragung der Einschaltbewegung auf die Schaltkontakte, *k* Handauslösedruckknopf, *l* Einschaltdruckknopf

eines Hebels. Die **Hochspannungs-Hochleistungsicherungen** für Starkstromanlagen bestehen aus einer beiderseits mit Kontakten versehenen Porzellanröhre, in der sich ein in einem Löschmittel gebetteter Sicherungsdraht befindet. Sie schalten die Leitung bereits ab, bevor der Stoßkurzschlußstrom (\rightarrow Kurzschluß) den vollen Wert erreicht hat.

2) Maschinenbau: \rightarrow Schraubensicherung. **Sicherungstechnik**, \rightarrow Eisenbahnsicherungstechnik, \rightarrow Flugsicherung.

sichtbare Sprache, eine optisch fixierte objektive Analyse des flüchtigen Klanges (Vokale) oder Geräusches (Konsonanten). Die Sprache wird mit einem Mikrophon in elektrische Schwingungen umgewandelt, die in ihre spektralen Anteile zerlegt (\rightarrow Schallanalyse) und mit geeigneten Registriergeräten in einem Koordinatensystem von Tonhöhe (Frequenz) und Zeit aufgezeichnet werden, wobei die Intensität der Aufzeichnung der Amplitude bzw. dem Logarithmus der Amplitude dieser zeitlichen spektralen Sprachanteile entspricht. Zur optischen Fixierung des Amplitudenspektrums wird meistens eine filmische Aufnahmevorrichtung (meistens Schmalfilmkamera) benutzt. Mit bestem Erfolg verwendet man auch den elektromagnetischen **Kymographen**. Auch elektrochemische Aufzeichnungsverfahren werden angewendet.

Sichten, swv. \rightarrow Windsichten.

Sichtpeiler, ein \rightarrow Funkpeiler.

Sichtspeicherröhre, eine \rightarrow Elektronenstrahlröhre.

Sicken, ein Blechumformverfahren zur Herstellung von rinnenartigen Vertiefungssicken in ebene oder gekrümmte Blechplatten und -behälter von geringer Dicke durch stetig fortschreitendes Biegen. Beim S. auf der **Sickenmaschine** wird durch Zusammenpressen von zwei Walzen (Sickenwalzen) der Biegevorgang eingeleitet und durch den folgenden gemeinsamen Zahnradantrieb der Walzen in Richtung der Sickenlängsrichtung durchgeführt. Sickenmaschinen können nach Austausch der Sickenwalzen gegen Bördelwalzen auch zum Bördeln eingesetzt werden. Von Hand kann das S. absatzweise mit einem Sickenhammer durch Einschlagen des Bleches in die sickenförmige Vertiefung eines Sickenstockes vorgenommen werden.

Lit. Aurich: Die Werkzeuge zu Sicken-, Profilier-, Beschneid- und Gewindedrückmaschinen (Leipzig 1950); Rabe: Stanzerei (Leipzig 1951).

Sicromal, eine hochwärmefeste Legierung aus Eisen, Silizium, Chrom und Aluminium. Sie wird z. B. für Brennkammern und Gasturbinenanlagen und in der chemischen Industrie verwendet.

siderisch, auf die Sterne bezüglich. S.es Jahr, \rightarrow Jahr; s.er Monat, \rightarrow Monat.

Siderit, **Eisenspat**, **Spateisenstein**, ein Mineral, wichtiges Eisenerz (Eisengehalt meist 25 bis 40 %), FeCO_3 ; trigonal, grau, gelblich, braun, rot, Härte nach Mohs 4 bis 4,5, D. 3,7 bis 3,9 g cm^{-3} . S. bildet meist grobe und feinkörnige Aggregate, in radial strukturierten Kugeln und Nieren als **Sphärosiderit** bezeichnet, mit Ton, Sand und Kohle verengt als **Ton- oder Kohleisenstein**, als junge Bildung in Torfmooren als **Weißeisenerz**. Er findet sich in hydrothermalen und sedimentären Lagerstätten.

Siderosphäre, \rightarrow Erde, Abschn. 4.

Sieb, \rightarrow Klassieren.

Siebdruck, **Serigraphie**, **Silkscreen-Druck**, **Seidenschirmdruckverfahren**, **Seidenrasterdruck**, ein Durchdruckverfahren (\rightarrow Druckverfahren). Auf einem aus Seiden- oder Polyamidgaze oder Bronzedraht bestehenden, auf einen Rahmen gespannten Sieb werden die bildfreien Teile manuell (mit einer Schnittschablone o. a.) oder mit Hilfe eines photomechanischen Verfahrens (Filmschablone) abgedeckt. Die auf diese Weise gewonnene Siebschablone legt man auf das zu bedruckende Material, bringt die Druckfarbe auf das Sieb und verstreicht diese in einem Zug unter leichtem Druck mit einer Rakel oder einem Gummiquetscher über die gesamte Schablone. Die dickflüssige Farbe tritt dabei durch die freien Maschen des Siebs hindurch und lagert sich auf dem Druckträger in verhältnismäßig dicker Schicht ab. Neben den einfachen, manuell zu bedienenden Siebdruckrahmen gibt es auch automatisierte Siebdruckmaschinen, mit denen bis zu 2000 Drucke/h herzustellen sind.

Mit Hilfe des S.s kann man jeden Werkstoff (Papier, Pappe, Glas, Metall, Plast, Gewebe, Holz) ein- oder mehrfarbig bedrucken, wobei die Druckträger nicht eben zu sein brauchen, sondern auch runde oder eckige Form haben können.

Lit. Cermak: Lehrb. für den S. (4. Aufl. Leipzig 1964); \rightarrow Druckverfahren.

Siebelko, Kurzbezeichnung für **Siebelektrolytkondensator**, ein Kondensator, der in einer Schaltung zur Aussiebung des überlagerten Wechselstroms, z. B. bei einem Netzgleichrichter, dient.

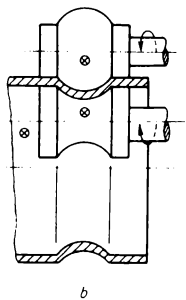
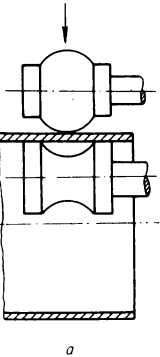
Sieben, swv. Siebklassieren, \rightarrow Klassieren.

Siebkette, in der Nachrichtentechnik die Anordnung von elektrischen Filtern (Siebglieder), die wie Glieder einer Kette hintereinandergeschaltet sind. Eine solche S. soll Gleichstrom, Wechselstrom oder bestimmte Frequenzbereiche eines Wechselstromes aussieben, d. h. von einem Verbraucher fernhalten.

Lit. Feldtkeller: Einführung in die Siebschaltungstheorie (5. Aufl. Stuttgart 1963); Fritsche: Entwurf linearer Schaltungen (Berlin 1962).

Sieblinie, die zeichnerische Darstellung des Ergebnisses eines Siebversuchs. Es wird jeweils die durch Prüfsiebe standardisierter Stufung (TGL 10 809) durchgegangene Menge gewogen und das Ergebnis als Prozentsatz der Gesamtmasse aufgetragen. S.n haben große Bedeutung bei der Herstellung von Mörtel und Beton zur Beurteilung des Körnungsaufbaues der Zuschlagstoffe.

Sieden, der isotherme Übergang einer Flüssigkeit in den gasförmigen Aggregatzustand bei einer bestimmten Temperatur, dem **Siedepunkt** (**Siedetemperatur**, **Kochpunkt**, abg. **Kp.**). Am Siedepunkt, der mit dem Kondensationspunkt identisch ist, ist der Dampfdruck der Flüssigkeit gleich dem äußeren Druck. Mischungen von Flüssigkeiten mit verschiedenen Siedepunkten sieden innerhalb bestimmter Siedegrenzen (**Siedeintervall**). Bei bestimmten Lösungen liegt der Siedepunkt höher als der des reinen Lösungsmittels



Sicken eines Blechrohres: *a* Anfangsstellung, *b* Endstellung

(Siedepunkterhöhung). Die Wärme in cal, die zum Verdampfen von 1 g eines Stoffes erforderlich ist, heißt **Verdampfungswärme**.

Staub- und gasfreie Flüssigkeiten lassen sich in reinen Gefäßen z. T. über ihren Siedepunkt erwärmen, Wasser beispielsweise in sorgfältig gereinigten Gefäßen bis auf 220 °C. Auf diesen **Siedeverzug** (-verzögerung) folgt meist ein explosionsartiger Siedevorgang, bei dem die Temperatur der überhitzten Flüssigkeit wieder auf die entsprechende Siedetemperatur zurückgeht. Der Siedeverzug ist unerwünscht (z. B. bei Destillationen) und kann durch gasentwickelnde Stoffe (**Siedesteinchen**, z. B. poröse Tonscherben) und **Siedekapillaren** vermieden werden.

Siedethermometer, → Hypsometer.

Siegellack, eine Masse aus Kolophonium, Schellack, Terpentin und Pigmenten, z. B. Titanweiß, Eisenrot, zum Siegeln von Briefen u. dgl. Der S. wird erwärmt und nach dem Abtropfen mit einem Petschaft (Handstempel) angedrückt.

Siel n, **Deichsiegel**, **Deichschleuse**, ein Auslaßbauwerk im Deich zum Entwässern des Polders in den Fluß oder das Meer (→ Deich) und zur Durchführung von Wasserläufen durch den Deichkörper. Deichsiele sind offen, wenn sie auch von der Schifffahrt benutzt werden, sonst überdeckt, und haben Verschlüßvorrichtungen, in Seedeichen meist je zwei (Flut- und Sturmter). **Hebersiele** haben statt der üblichen Öffnung einen Heber aus Stahlrohren zur Entwässerung. **Siemens**, Kurz. S., nach dem deutschen Physiker W. von Siemens benannte, gesetzliche Einheit der elektrischen Leitfähigkeit. Das S. ist der elektrische Leitwert eines Leiters vom Widerstand 1 Ohm. $1 \text{ S} = 1 \text{ A/V}$ (Ampere/Volt). **Mikro-siemens**, Kurz. μS , = 10^{-6} S .

Siemens-Martin-Verfahren, → Stahlerzeugung.

Sifa, Abk. für → Sicherheitsfahrtschaltung.

Sigma-Verfahren, → Schweißen.

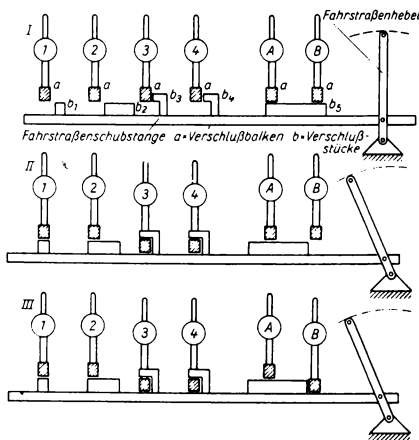
Signal, 1) ein Begriff zur Kennzeichnung physikalischer Größen, die der Übertragung von Information dienen. Der Begriff S. wird besonders in der Nachrichten-, Steuer- und Regelungstechnik sowie in der Physiologie verwendet. Eine zeitlich veränderliche physikalische Größe heißt S., wenn sie von einem Empfängersystem aufgenommen und verarbeitet werden kann und gegebenenfalls in diesem System Veränderungen hervorruft. Die durch eine Zeitfunktion gekennzeichnete physikalische Größe trägt dann eine Information (*informationstragender Parameter*). Der informationstragende Parameter des Signalverlaufes ist jener Teil, der für das Empfängersystem bedeutungsvoll ist. Zum Beispiel ist eine Impulsfunktion $s(t)$ das S., eine bestimmte Impulshöhe der informationstragende Parameter $y(t)$. Ein S. ist also ein physikalisch definierbarer Zustand oder Vorgang zur raum-zeitlichen Übertragung von Information zwischen Sender und Empfänger.

Nach dem informationstragenden Parameter lassen sich grundsätzlich zwei Arten von S.en unterscheiden: analoge und diskrete S.e. Kann der informationstragende Parameter in gewissen Grenzen beliebige Werte annehmen, dann handelt es sich um *analoge S.e.*, kann er nur endlich viele, bestimmte Werte annehmen, dann handelt es sich um *diskrete S.e.* (für genau zwei Werte auch als Binärsignal bezeichnet).

2) → Eisenbahnsignale.

Signalabhängigkeit, in der Eisenbahnsicherungstechnik die in den → Stellwerken eingebaute zwangsläufige technische Abhängigkeit zwischen Signalen und Weichen zur Sicherung der Fahrstraßen. Durch die S. wird bewirkt, daß ein Signal erst auf Fahrt gestellt werden kann, wenn alle Weichen, Gleissperren, Gleisperrsignale usw. die für die vorgesehene Fahrt erforderliche

Stellung haben; umgekehrt bleiben die Weichen usw. solange in dieser Stellung verschlossen, wie das Signal auf Fahrt steht. S. besteht in der DDR und in Westdeutschland in der Regel auf allen Strecken ab 50 km/h Höchstgeschwindigkeit.



Weichen-, Signal- und Fahrstraßenhebel in einem mechanischen Stellwerk: I Stellwerk in Grundstellung, Weichen 1 bis 4 frei beweglich, Stellen der Signale A und B durch Verschlüßstück b5 verhindert. II Weichenhebel 3 und 4 in die für Signal B nötige Stellung umgelegt, Fahrstraßenhebel umgelegt. Die Weichenhebel sind durch die Verschlüßstücke festgehalten, Signalhebel B ist frei geworden. III Signal B ist in Fahrtstellung gebracht, Zurücklegen des Fahrstraßenhebels durch Verschlüßstück b5 verhindert. Weichen liegen fest, solange Signal auf Fahrt

Signatur, in der Kartographie normierte symbolische Kartenzeichen für Objekte, die in der Karte nicht mehr im Grundriß darstellbar sind (→ Generalisierung). Solche Objekte sind z. B. auf topographischen Karten Wegweiser, einzeln stehende Bäume (Darstellung durch kleine Ansichtsbildchen), auf chorographischen Karten Bergwerke (gekreuzte Hämmer), Flugplätze (Darstellung durch stilisiertes Flugzeug) und Siedlungen (Darstellung durch Ortsring).

Sikkative, svw. → Trockenstoffe.

Silane, → Silizium.

Silbenverständlichkeit, ein Bewertungsmaßstab bei Verständlichkeitsmessungen von Fernsprechsyste-men. Zur Messung der S. überträgt man zusammenhanglose Silben, die *Logatome*, und bestimmt den Prozentsatz der richtig verstandenen. Die S. ist größer als die Lautverständlichkeit, aber kleiner als die Satzverständlichkeit. Dabei werden Ergebnisse der S. von 70 bis 75 % als ausreichend bewertet.

Silber, Symbol **Ag** [lateinisch Argentum], chemisches Element aus der I. Nebengruppe des Periodensystems, ein Edelmetall; Ordnungszahl 47, Massenzahlen der Isotope 107 und 109, Atomgewicht (bezogen auf ^{12}C) 107,870, Wertigkeit meist I, seltener II, III, D. $10,53 \text{ g cm}^{-3}$, F. $960,5^\circ\text{C}$, Kp. 2170°C . S. kristallisiert regulär, es ist sehr weich, weißglänzend und polierfähig. Neben Gold ist S. das dehnbare Metall, es läßt sich zu sehr dünnen, blaugrün durchscheinenden Folien aushämmern und zu feinstem Filigrandraht ausziehen. Von allen Metallen leitet S. Wärme und elektrischen Strom am besten. Groß ist die Affinität des S.s zum Schwefel. Mit Schwefelwasserstoff bildet sich schwärzliches Silbersulfid (Anlaufen von Silbergegenständen), mit Schwefeldioxid in Gegenwart von Sauerstoff Silbersulfat. S. löst sich leicht in verdünnter Salpetersäure zu Silbernitrat, konzentrierte Schwefelsäure greift erst in der Hitze unter Bildung von Silbersulfat an.

S. findet sich in der Natur oft gediegen, meist jedoch nur in geringen Mengen; bei Johanngeorgenstadt wurden wenige Stücke bis zu mehreren 1000 g gefunden. Die wichtigsten Silbererze sind Argentit, die Rotgültigerze Pyrrargyrit, Proustite, Chlorargyrit, ferner die Fahlerze. Die eigentlichen Silbererze sind sehr selten, so daß vor allem die silberhaltigen Erze (besonders Blei-, auch Zink- und Kupfererze) zur Gewinnung von S. verwendet werden.

Bei der Gewinnung von Blei oder Kupfer wird S. mit reduziert und findet sich im Metall, aus dem es gewonnen werden kann. Aus Blei wird S. heute fast ausschließlich durch das → Parkes-Verfahren, ferner durch das → Pattinson-Verfahren entfernt. Das gewonnene S. heißt **Blicksilber** und enthält mehr als 95 % S. Aus Kupfer wird S. bei der elektrolytischen Raffination im Anodenschlamm angereichert und aus diesem gewonnen. Bei der Zinkgewinnung verbleibt S. in den Rückständen. Aus Silbererzen direkt wird das Metall durch Amalgamation (Legieren mit Quecksilber, → Amalgam) oder durch → Zyanidlaugung gewonnen. Das nach einem dieser Verfahren erhaltene Rohsilber wird elektrolytisch zu 99,6- bis 99,9 %igem **Elektrolytsilber** (**E-Silber**, **Feinsilber**) gereinigt.

Häufiger als das reine Metall werden Legierungen des S. mit Cu, Pd, Pt, Sn, Zn oder Cd in der Schmuckwarenindustrie, für Bestecke, Münzen, für chemische Geräte (Silbertiegel u. a.) und chirurgische Instrumente verwendet. Reines S. ist ein wichtiges Spiegelmetall. Auch dient S. zum → Versilbern und → Plattieren.

Silberverbindungen. Silberbromid, AgBr, weiße Kristalle, verwendet zur Herstellung von photographischen Platten, Filmen und Photopapieren; **Silberchlorid**, AgCl, weiße, bei Einwirkung von Licht schwarzwerdende Kristalle, kommt in der Natur als Chlorargyrit vor, verwendet in der Photographie und in der analytischen Chemie zum Nachweis von Chlor und S.; **Silbernitrat**

edern auf, wobei jedes Siliziumatom von 4 Sauerstoffatomen umgeben ist. Nach dem Dispersitätsgrad können die S. eingeteilt werden in grobdisperse, feindisperse und molekulardisperse S.; innerhalb einer jeden Gruppe wird nach dem Ordnungszustand der SiO_4 -Tetraeder in kristalline und amorphe S. untergliedert.

1) **Grobdisperse S.** a) Die kristallinen S. bilden die wichtigsten gesteinsbildenden Minerale der Erdkruste. Mehr als 90 % der Erdkruste bestehen aus S.n und Siliziumdioxid, und etwa ein Viertel aller bekannten Minerale sind S. In der Natur ist die Bildung der S. auf eine Kristallisation aus dem Magma zurückzuführen, aus dem sie sich in zeitlicher Folge als Olivine, Pyroxene, Amphibole, Glimmer und mit letzterem zusammen auch als Feldspäte meist als Gemeinbestandteile von Gesteinen ausgeschieden haben. So finden sich die Minerale Quarz, Orthoklas und Glimmer in dem Gestein Granit vergesellschaftet. Hinzu kommt eine große Zahl von S.n, die durch Verwitterung aus magmatischen Gesteinen entstanden sind. Dazu gehören die verschiedenen Böden, z. B. Lehm Böden und Tonböden, sowie die Mineralagerstätten der z. T. sehr reinen silikatischen Sedimentgesteine. Silikatische Eruptivgesteine werden hauptsächlich als Straßenpflaster und Gleisschotter verwendet (Granit, Basalt). Größere Bedeutung hinsichtlich einer industriellen Verwertung kommt den silikatischen Sedimentgesteinen, insbesondere den Tonen und Kaolinen, zu. Silikatische Rohstoffe werden in großem Maße für die Herstellung technischer S. (→ Zement, → Keramik, → Glas, → Email) verwendet, die als Bau- und Werkstoffe breiteste Verwendung finden. Mit den technologischen Prozessen zur Herstellung der technischen S. befaßt sich die → Silikatechnik.

Bei den kristallinen S. unterscheidet man nach bestimmten strukturellen Gesetzmäßigkeiten in der Verknüpfung der dem Aufbau der S. zugrunde liegenden $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder:

Abteilungen der Silikate	Silikatanionen Baugruppe	Schema	Beispiel
Inselsilikate (Nesosilikate)	$[\text{SiO}_4]^{4-}$	ein Si-Atom ist tetraedisch von 4 O-Atomen umgeben	gemeiner Olivin (Mg, Fe) ₂ $[\text{SiO}_4]$
Gruppensilikate (Sorosilikate)	$[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$	zwei SiO_4 -Tetraeder sind über eine Tetraederecke miteinander gekoppelt	Thortveitit (ScY) ₂ $[\text{Si}_2\text{O}_7]$
Ringsilikate (Zyklosilikate)	$[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$	mehrere SiO_4 -Tetraeder sind über Ecken miteinander zu Ringen verbunden	Benitoit BaTi $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ Beryll Be ₃ Al ₂ $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
Kettensilikate (Inosilikate)	$(\text{SiO}_3)_n^{2-}$	jedes SiO_4 -Tetraeder ist an zwei Ecken mit einem anderen verbunden	Pyroxene, z. B. Enstatit MgSiO ₃
Schichtsilikate (Phyllosilikate)	$(\text{Si}_2\text{O}_5)_n^{2-}$	SiO_4 -Tetraederketten bilden zweidimensionale Netze, wobei 3 O-Atome, die in einer Ebene liegen, von den Nachbartetraedern beansprucht werden	Kaolinit Al ₂ $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ (OH) ₂
Gerüstsilikate (Tektosilikate)	$(\text{SiO}_2)_n$	jede SiO_4 -Tetraederecke ist mit der benachbarten verbunden	Feldspäte, z. B. Albit NaAl $[\text{Si}_3\text{O}_8]$

(Trivialname **Höllenstein**), AgNO₃, farblose, ätzende Kristalle, das wichtigste Silbersalz, verwendet zur Herstellung lichtempfindlicher photographischer Platten und Filme, von Silber spiegeln, zur galvanischen Versilberung, in der Medizin als Ätz- und Desinfektionsmittel.

Silberglanz, svw. → Argentit.

Silberhornerz, svw. → Chlorargyrit.

Silicagel, Wz., → Kieselgel.

Silifizierung, svw. → Verkiesselung.

Silikasteine, → feuerfeste Baustoffe.

Silikate, 1) die Salze der Kieselsäuren; sie lassen sich auch als Verbindungen von Siliziumdioxid SiO₂ mit basischen Oxiden definieren. Strukturell gesehen bauen sich die S. aus mehr oder weniger verknüpften Silizium-Sauerstofftetra-

edern auf, wobei jedes Siliziumatom von 4 Sauerstoffatomen umgeben ist. Nach dem Dispersitätsgrad können die S. eingeteilt werden in grobdisperse, feindisperse und molekulardisperse S.; innerhalb einer jeden Gruppe wird nach dem Ordnungszustand der SiO_4 -Tetraeder in kristalline und amorphe S. untergliedert.

2) **Feindisperse (kolloide) S.** a) Kristalline kolloide S. liegen in den kleinen Kornfraktionen der Tonminerale vor. b) Amorphe kolloide S. können z. B. durch Fällung von löslichen S.n (Alkalisilikatlösungen) durch Metallhydroxide erhalten werden.

3) **Molekulardisperse S.** liegen in stark alkalischen Silikatlösungen vor.

Lit. Hinz: S., Einführung in Theorie und Praxis (Berlin 1963); Mtschedlow-Petrosjan, Babuschkin, Matjajew: Thermodynamik der S. (dtisch 2. Aufl. Berlin 1966). Ztschr. Silikatechnik (Berlin).

2) Baustoffe aus Kalk (gemahlener gebrannter Kalk, Kalkhydrat) und gemahlenen hochkieselsäurehaltigen Stoffen (Quarzsand) und Wasser. Die Technologie ist seit Jahrzehnten bekannt. Durch Zusatz von vorgefertigtem Schaum entsteht ein gut wärmedämmender Leichtbaustoff, **Schaumsilikat** (TGL 117-0376), mit dem auch großformatige Bauelemente gefertigt werden können.

Silikattechnik, umfaßt die technologischen Prozesse zur Herstellung von technischen Silikaten (\rightarrow Zement, \rightarrow Keramik, \rightarrow Glas, \rightarrow Email) aus anorganischen Stoffen mit Siliziumdioxid SiO_2 als wesentlichem Bestandteil. Die wichtigsten Arbeitsprozesse der S. sind Aufbereitung des Rohmaterials, Formgebung und Temperaturbehandlung; sie gelangen bei den verschiedenen Silikaten in unterschiedlicher Weise zur Anwendung. Näheres bei den einzelnen technischen Silikaten.

Zur S. gehören weiterhin die Verarbeitungsprozesse der verschiedenen Schlacken- und anderen silikatischen Abfallprodukte. Wegen der den technischen Silikaten analogen Formgebungs- und Brennvorgänge werden auch die Herstellungsprozesse von \rightarrow Cermets und \rightarrow Oxidkeramik zur S. gerechnet.

Lit. \rightarrow Silikate.

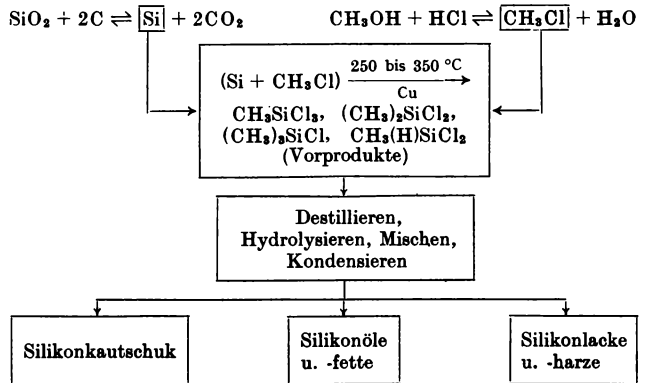
Silikone, **Polysiloxane**, makromolekulare siliziumorganische Verbindungen, deren Grundgerüst aus Silizium und Sauerstoff besteht. Das Silizium trägt dabei organische Reste. Ausgangsstoffe sind aus Sand gewonnenes Silizium, je nach der gewünschten organischen Komponente Methanol, Benzol, Äthin, Äthanol o. ä., und aus Steinsalz gewonnenes Chlor oder Salzsäure. Aus diesen Ausgangsstoffen werden nach einem der beiden folgenden Verfahren **Alkylchlorosilane** hergestellt: 1) durch Reaktion von Siliziumtetrachlorid SiCl_4 mit organischen Halogen-Magnesium-Verbindungen (Grignard-Verbindungen); 2) durch Erhitzen von Silizium und organischen Chlorverbindungen, z. B. Methylchlorid, bei 200 bis 300 °C in Gegenwart von Kupfer als Katalysator. Durch Hinzufügen von Wasser gewinnt man aus den Alkylchlorosilanen **Alkylsilanole**, die durch Polykondensation und Wasserabsaltung zu den S. führen.

Allen S. gemeinsam ist neben ihrem wasserabweisenden Verhalten, ihrer Beständigkeit gegen viele Chemikalien und ihrer guten elektrischen Isolierfähigkeit die Unveränderlichkeit ihrer Eigenschaften innerhalb eines sehr großen Temperaturbereiches. Je nach Wahl der Ausgangsstoffe und Zwischenprodukte sowie der Art der Weiterverarbeitung entstehen flüssige (ölartige), feste (harzartige) und elastische (kautschukartige) S.: **Silikonöle** sind geruch- und geschmacklos, chemisch inaktiv, neutral, unbrennbar, wasserabweisend, in reiner Form stabil von etwa -70 bis $+250$ °C. Sie werden verwendet als Trafo- und Schalteröle, als Brems- und Hydraulikflüssigkeiten, als Schmier-, Entschäumungs- und Flotationsmittel, als schmutzabstoßender Zusatz zu Polier- und Fensterputzmitteln, zum Imprägnieren von Textilien, als Wärme- und Kälteübertragungsflüssigkeiten sowie als Trenn- und Entformungsmittel in der plast- und gummi-verarbeitenden Industrie. **Silikonharze** dienen als Imprägniermittel, zur Herstellung von Schichtpreßstoffen und Folien und als Bautenschutzmittel. Am meisten verwendet man sie in der Lackindustrie. **Silikonlacke** (Lösungen von Silikonharzen in organischen Lösungsmitteln) eignen sich als Isolierlacke, als Bindemittel für Lackfarben, zur Herstellung wärmebeständiger Isolierstoffe sowie als Überzug von Backformen zum leichten Herauslösen des Backgutes. Mit Silikonlack überzogene Drähte für Motorwicklungen sind sehr hitzebeständig

(180 bis 250 °C) und ermöglichen es, Motoren verkleinert herzustellen. Durch besondere Zusätze kann die Temperaturfestigkeit bis auf 500 °C erhöht werden. **Silikonkautschuk** hat eine hervorragende Elastizität, ist temperaturunempfindlich, bis -57 °C noch dehnbar, bis $+200$ °C noch elastisch, chemisch weitgehend unangreifbar. Er kann ähnlich wie gewöhnlicher Kautschuk vulkanisiert und verarbeitet werden. Kaltvulkanisierter Silikonkautschuk setzt man als Isoliermittel und in der Dentaltechnik ein. Heißvulkanisierter Silikonkautschuk wird vor allem als Dichtungsmaterial für Spezialzwecke, für Schläuche und Stopfen verwendet. **Silikonspingkitt**, eine Abart des Silikonkautschuks, ist bei mäßiger Belastung zähfließend wie Kitt, bei Stoßbelastung elastisch wie Gummi und bei Schlag so spröde, daß er gegebenenfalls splittet.

Das Überziehen von Oberflächen mit einem dünnen Silikonfilm bezeichnet man als **Silikonieren**.

Schematische Darstellung von Methylsilikonen (Müller-Rochow-Verfahren)



Lit. Hunyar: Chemie der S. (2. Aufl. Berlin 1959); Noll: Chemie und Technologie der S. (Weinheim/Bergstraße 1960); Reuther: S. Ihre Eigenschaften und ihre Anwendungsmöglichkeiten (Dresden u. Leipzig 1959); Rochow: Einführung in die Chemie der S. (dtsh Weinheim/Bergstraße 1952).

Silikothermie, ein Verfahren zur Gewinnung von hochschmelzenden, schwer reduzierbaren Metallen aus ihren Oxiden durch Reduktion mit Silizium oder Ferrosilizium. Das Verfahren beruht auf der Ausnutzung der hohen Sauerstoffaffinität des Siliziums, \rightarrow Metallthermie.

Silizide, \rightarrow Silizium.

Silizium, Symbol Si, chemisches Element aus der IV. Hauptgruppe des Periodensystems, Halbmetall, Ordnungszahl 14, Massenzahlen der Isotope 28, 29 und 30, Atomgewicht (bezogen auf ^{12}C) 28,086, Wertigkeit IV, seltener 11, D. $2,38 \text{ g cm}^{-3}$, F. 1410 °C, Kp. 2630 °C; 1823 von Berzelius entdeckt. Je nach Oberflächenbeschaffenheit bildet S. dunkelgraue, glänzende Oktaeder oder ein braunes Pulver. S. ist sehr spröde und läßt sich leicht pulverisieren. In Laugen löst es sich leicht unter Wasserstoffentwicklung und Bildung von Silikaten. Nach Sauerstoff ist S. das meistverbreitete Element der Erdkruste. Es findet sich in der Natur nie im freien Zustand, sondern stets gebunden, vorwiegend mit Sauerstoff. Technisch wird S. durch Reduktion von Quarz mit Kohle im elektrischen Ofen bei Gegenwart von Eisen gewonnen. Das S. legiert sich dabei mit Eisen und bildet **Ferrosilizium** (\rightarrow Ferrolegierungen). Sehr reines S. entsteht bei der Reduktion von Siliziumtetrachloriddampf SiCl_4 mit Zinkdampf oder Wasserstoff. Sehr oft verwendet man Siliziumtetra-

jodid SiJ_4 , das man vorher durch Umkristallisieren, Sublimieren und Zonenschmelzen gereinigt hat. Das S. wird dann nach dem \rightarrow Aufwuchsverfahren gewonnen. Wegen seiner hohen Affinität zum Sauerstoff dient S. hauptsächlich in der Eisenmetallurgie als Desoxydationsmittel. Hochsiliziumhaltige Stähle besitzen eine hohe Säurebeständigkeit und werden in der chemischen Großindustrie eingesetzt. S. wird ferner als Legierungselement bei Aluminiumlegierungen, Kupferlegierungen u. a. verwendet.

Siliziumverbindungen. Silizide, binäre Verbindungen des S.s mit Metallen, sie stehen den intermetallischen Verbindungen nahe, die Kalziumsilizide z. B. dienen als Desoxydationsmittel bei der Herstellung von nichtrostendem Stahl; Siliziumdioxid, SiO_2 , die beständige und wichtigste Siliziumverbindung sowie häufigste anorganische Verbindung, das Anhydrid der \rightarrow Kieselsäuren, seine weitestverbreitete Erscheinungsform ist der \rightarrow Quarz, von SiO_2 leiten sich die \rightarrow Silikate ab; Siliziumkarbid, SiC , technisch **Karborundum** genannt, durch Verunreinigungen dunkel gefärbte, bunt glänzende Kristalle, sehr hart (ähnlich wie Diamant), chemisch und thermisch sehr widerstandsfähig, technische Herstellung nach dem Acheson-Verfahren durch Erhitzen von Quarz und Koks im elektrischen Widerstandsofen, verwendet zur Herstellung von feuerfesten Stoffen (**Karborundumsteine**), Muffeln, Retorten u. a., als Betonhärtungsmittel und zur Herstellung von elektrischen Widerständen, Heizstäben und Heizkörpern; Siliziumwasserstoffe (Silane), Si_4H_{10} , sehr luftempfindliche Verbindungen, ihre Alkylhalogenabkömmlinge sind wichtige Zwischenprodukte bei der Herstellung von \rightarrow Silikonen; Siloxane, Wasserstoff-Sauerstoff-Verbindungen des S.s. Von den Silizium-Halogen-Verbindungen ist vor allem die \rightarrow Fluorokieselsäure (Siliziumfluorwasserstoffsäure) wichtig.

Siliziumzelle, ein \rightarrow Photoelement.

Silkscreen-Druck, svw. \rightarrow Siebdruck.

Sillimanit, ein Mineral, Al_2SiO_5 ; orthorhombisch, bildet meist feinfaserige Massen, oft als Einschlüsse in Quarz und Feldspäten; Härte nach Mohs 6 bis 7, D. $3,2 \text{ g cm}^{-3}$. S. kommt in kristallinen Schiefern, in Gneisen, Granuliten vor und wird als Rohstoff für feuerfeste Steine verwendet.

Silon, \rightarrow Chemiefaserstoffe, Übers.

Silopren, \rightarrow Elaste, Übers.

Siloxane, \rightarrow Silizium.

Silumin, Aluminiumguß- oder -druckgußlegierungen mit bis zu 14 % Silizium, Rest Aluminium. Sie sind aushärtbar, gut schweißbar, gut gießbar, von hoher Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit und eignen sich deshalb besonders für komplizierte, flüssigkeitsdichte Gußstücke mit guter chemischer Beständigkeit. Man verwendet S. im Flugzeug-, Kraftfahrzeug- und Motorenbau (für Kurbelgehäuse, Zylinderköpfe), im chemischen Apparatebau sowie in der Elektrotechnik. **Silur**, ein System des Erdalters (System, Tab.). Das S. gliedert sich in die Abteilungen **Valentium**, **Wenlock** und **Ludlow**. Gegen Ende des S.s erfolgte die Auffaltung des Kaledonischen Gebirges, das sich vom Brabanter Massiv und Schottland bis Norwegen erstreckte. Das Klima war ausgeglichen mild. Am Ausgang des S.s traten die ersten Fische und die ersten Gefäßpflanzen auf. An nutzbaren Gesteinen entstanden unter anderem Schiefer und Salze.

Sima, \rightarrow Erde, Abschn. 4.

Simili, \rightarrow Edelstein.

Simmering, svw. \rightarrow Radialdichtung.

Simplex, \rightarrow Sprechfunk.

Simpsonsche Regel, ein nach dem englischen Mathematiker Th. Simpson benanntes Verfahren zur näherungsweise Berechnung bestimmter

Integrale, das besonders zur Bestimmung des Flächeninhalts von nicht allseitig geradlinig begrenzten (ebenen) Flächen verwendet wird. Die S. R. beruht darauf, daß die Funktion stückweise durch Parabelbögen angenähert wird.

Simulator, ein naturgetreu nachgebildeter und mit allen Bedienelementen und Geräten ausgerüsteter Führerraum oder Führerstand von Verkehrsmitteln (z. B. Luftfahrzeugen, Kraftfahrzeugen) bzw. Bedienungsstand von Maschinen und technischen Anlagen zur Schulung der Besatzung bzw. des Bedienungspersonals und zur Forschung.

Besonders verbreitet ist der S. in der Luftfahrt zur Schulung von Luftfahrzeugbesatzungen am Boden (**Flugsimulator**). Mit einem S. lassen sich alle Flug- und Gefahrenzustände des betreffenden Luftfahrzeuges, z. B. Brand, Triebwerksausfall, Vereisung, Verkleben des Fahrwerkes, Überziehen, wirklichkeitsgetreu nachahmen („simulieren“) und alle dabei erforderlichen Tätigkeiten und Maßnahmen der Besatzung (auch hinsichtlich Navigation, Schlechtwetterlandungen u. a.) üben. Um eine realistische Atmosphäre zu erzielen, werden Filme (z. B. von Start und Landung) vorgeführt und Geräusche (z. B. der Lärm der Triebwerke) nachgeahmt. Die Umschulung auf ein neues Luftfahrzeugmuster wird durch Anwendung des S.s billiger und gefahrloser und geht schneller vor sich, weil die Anzahl der erforderlichen Übungsflüge erheblich vermindert wird und das Training mit dem S. unabhängig von der Wetterlage ist. Die Übungsflüge vollständig ersetzen kann ein S. jedoch nicht. Raumfahrer werden ebenfalls mit S.en ausgebildet. Ein einfacher Flugsimulator ist der nach seinem Erfinder benannte **Linktrainer**.

sin, Zeichen für Sinus, eine \rightarrow Winkelfunktion. **sinh** Zeichen für Hyperbelsinus, \rightarrow Hyperbelfunktionen.

singulär, 1) allgemein: vereinzelt (vorkommend), eigenartig, eigentümlich.

2) Algebra: Eine quadratische Matrix heißt s., wenn ihre Determinante gleich Null ist.

3) Funktionentheorie: Eine Funktion $f(z)$ einer komplexen Veränderlichen z besitzt für $z = z_0$ eine **singuläre Stelle** (**Singularität**), wenn sie im Punkt z_0 nicht differenzierbar ist (\rightarrow Pol).

4) Geometrie: Punkte einer Kurve, Punkte oder Linien einer Fläche, in denen sich die Kurve bzw. die Fläche anders verhält als sonst überall (in ihren **regulären** Punkten), bezeichnet man als s. oder als **Singularität** (ausgezeichnete Stelle), z. B. Doppelpunkt einer ebenen Kurve.

Singularität, ein dem normalen durchschnittlichen Jahresgang widersprechender Witterungsverlauf, der an einen bestimmten Termin gebunden ist und fast regelmäßig auftritt. Die bekanntesten S.en sind die Eiseiligen im Mai, die Schafkälte im Juni und die Weihnachtstdepression, die in der zweiten Dezemberhälfte häufig mildes Wetter bringt.

Sinkschmelzverfahren, svw. \rightarrow Schwerflüssigkeitsaufbereitung.

Sinter, Mineralabsatz aus Quellen und Bächen sowie aus dem in Rohrleitungen fließenden Wasser. Am verbreitetsten sind Kalk- und Kieselsinter.

1) **Kalksinter**. Auf Stengeln, Blättern und Moosen setzt sich Kalzit als heller, zellig-poröser **Kalktuff** (**Süßwasserkalk**) ab. Dichter und fester Kalktuff ist **Travertin**. Er wird viel als Werkstein, z. B. zur Fassadenverkleidung, verwendet. In Höhlen bilden sich \rightarrow **Tropfsteine**, aus heißen Quellen die aus \rightarrow **Aragonit** bestehenden **Sprudelsteine**.

2) **Kieselsinter** ist ein aus Opal bestehender Absatz aus heißen Quellen, der weißliche Schichten oder traubige Formen bildet, nicht selten

auch poröse Überkrustungen von Pflanzenteilen (Kieselstuf).

Sintermetalle, im engeren Sinne Werkstoffe, die aus Metallpulvern (\rightarrow Pulvermetallurgie) durch Formen und \rightarrow Sintern gewonnen werden. Zu den bekanntesten S. n zählen Sinterisen, Sinterstahl, Sinteraluminium, Sinterbronze, gesinterte Hartmetalle, gesinterte Magnetlegierungen und Verbundlegierungen. Nur durch Pressen und Sintern hergestellte S. sind je nach den Arbeitsbedingungen noch mehr oder weniger porig (Metallfilter etwa 50 %, Sinterisen für selbstschmierende Gleitlager etwa 25 %, Sinterstahl für Maschinenteile etwa 10 %). Porenfreie S. erzielt man durch Heißpressen, Drucksintern oder Tränken mit einem niedriger schmelzenden Metall (\rightarrow Tränklegerungen). Bei den selbstschmierenden Gleitlagern aus Sinterbronze oder Sinterisen werden die zugänglichen Poren mit Schmiermitteln gefüllt. Im weiteren Sinne rechnet man zu den S. auch Werkstoffe, die aus Mischungen von Metallpulvern mit nichtmetallischen Komponenten durch Pressen und Sintern erzeugt werden, z. B. Verbundwerkstoffe aus Bronze oder Eisen mit Graphit für Bremsbeläge oder Gleitkörper.

Lit. \rightarrow Pulvermetallurgie.

Sintern, das Stückigmachen feinkörniger Stoffe durch Wärmebehandlung bei Temperaturen, die wenig unter dem Schmelzpunkt der Sintermischung liegen. Durch Schmelzerscheinungen an den Korngrenzen tritt dabei ein Zusammenbacken des Gutes ein. Zum S. werden meist Sinteröpfe, Drehrührer, Sinterpfannen, Sinterbandanlagen und Rundsinterapparate verwendet.

1) In der Keramik dient das S. zum Verdichten des Gefüges der *geformten* Rohmasse beim Brennen (Erhitzen unterhalb der Schmelztemperatur) zu einem festgefügt, nicht deformierten Körper. Der Anteil an offenen Poren kann dabei bis auf Null herabgehen. Derselbe Prozeß, an einem *ungeformten* Rohstoffgemisch nur zum Zweck der Silikatbildung vorgenommen, wird als **Fritten** bezeichnet (\rightarrow Fritte).

2) In der Metallurgie dient das S. zum Stückigmachen von Feinerzen, \rightarrow Agglomerieren.

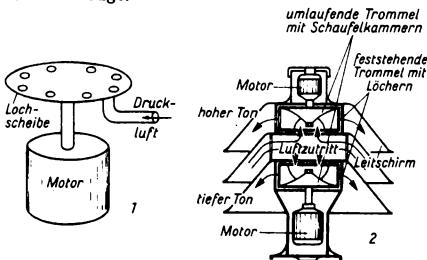
3) In der Pulvermetallurgie ist S. die Wärmebehandlung von im allgemeinen verdichtetem Metallpulver, um daraus feste Formkörper oder Halbzeuge zu erhalten. Das S. erfolgt unter Schutzgas oder im Vakuum. Vorzugsweise werden elektrisch beheizte Öfen, wie Kammer-, Hauben-, Durchstoß- oder Durchlauföfen, neuerdings auch Induktionsöfen, verwendet. Auch das S. durch unmittelbare Widerstandserhitzung, bei dem durch einen aus dem Pulver gepreßten und meist vorgesinterten Stab ein starker Strom geschickt wird, wendet man an, z. B. bei Wolfram. Pulver aus reinen Metallen werden meist bei etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der in $^{\circ}\text{K}$ ausgedrückten Schmelzpunkttemperatur gesintert, Mischungen aus zwei oder mehr Pulvern zumindest unterhalb des Schmelzpunktes der am höchsten schmelzenden Pulverart. Das S. führt zur dauernden Verbindung der sich berührenden Pulverteilchen. Allerdings bleiben unter den in der Praxis anwendbaren Bedingungen Poren zwischen den Teilchen bestehen. Erst durch **Heißpressen** oder **Drucksintern** werden nahezu porenfreie Werkstoffe erzielt. Das S. mit **flüssiger Phase**, bei dem zwischen fest gebliebenen Pulverteilchen eine Schmelze auftritt, führt leichter zu porenarmen Körpern als das S. ohne teilweises Schmelzen. Es ist aber nur bei legierten Pulvern oder Pulvermischungen möglich. Die durch S. hergestellten metallischen Werkstoffe bezeichnet man als \rightarrow Sintermetalle.

4) Im Bauwesen werden Sintervorgänge für die Herstellung von Zement und Betonleichtzuschlagstoffen ausgenutzt.

Sinterware, \rightarrow Keramik.

Sinus, eine \rightarrow Winkelfunktion.

Sirene, eine Schallquelle für laute Signale. Sie besteht im einfachsten Fall aus einer mit vielen gleichmäßig verteilten Löchern versehenen Scheibe. Wird gegen die rasch gedrehte Scheibe Luft geblasen, so wird der Luftstrahl periodisch unterbrochen, so daß ein Ton entsteht; dieser ist um so höher, je rascher sich die Scheibe dreht und je größer die Anzahl der Löcher in einer Lochreihe ist. Bei genügend hoher Drehzahl und entsprechend vielen Löchern läßt sich die Frequenz bis in das Ultraschallgebiet steigern. Mit dieser **Ultraschallsirene** läßt sich auf einfache Weise eine hohe Schallintensität erzeugen. Bei der **Dampfsirene** bläst Dampf gegen die Löcher. Bei der **Motorsirene** (Antrieb durch Elektromotor) wird die Druckluft durch ein umlaufendes Schaukelrad erzeugt.



Sirene: 1 Schema einer einfachen Sirene, 2 Schnitt durch eine Motorsirene

Siriometer, svw. \rightarrow Makron.

Siriusweite, astronomische Längeneinheit. 1 Siriusweite = 5 Parsec = $1,5419 \cdot 10^{14}$ km.

Sitall, Wz., \rightarrow Vitrokeram.

Sitosterine, in höheren Pflanzen weit verbreitete Phytosterine (\rightarrow Sterine). S. finden sich vor allem in Weizen- und Roggenkeimöl und in der Kartoffel. Sie bilden bei UV-Bestrahlung antirachitisch wirksame Stoffe (D-Vitamine).

Situation, in der Topographie und Kartographie die Gesamtheit der in der Natur vorhandenen natürlichen oder künstlichen Objekte, die im Grundriß durch Kartenzeichen darzustellen sind, ohne das Relief. Zur S. gehören z. B. alle Grenzlinien zwischen Land und Wasser, Küstenlinien, Uferlinien von Binnenseen und Flüssen, Verkehrswege, Siedlungen, Bodenbedeckung, Wald, ferner wichtige Einzelobjekte, z. B. trigonometrische Punkte.

sk, Kurzz. für \rightarrow Skot.

SK, Abk. für \rightarrow Segerkegel.

Skala, \rightarrow Skale.

Skalar m, skalare Größe, in Geometrie und Physik eine ortsabhängige Größe, die im Gegensatz zu einem \rightarrow Vektor oder \rightarrow Tensor durch Angabe eines einzigen Zahlenwertes gekennzeichnet wird. Ihr Wert ist daher unabhängig von dem zugrunde gelegten Koordinatensystem, also invariant gegenüber Koordinatentransformationen. Beispiele: Temperatur, Masse, Volumen, Zeit, Länge, Winkel u. a. Eine skalare Größe bezeichnet man auch als **Tensor nullter Stufe**.

Skale (die Bezeichnung Skala ist im Zusammenhang mit Meßgeräten nicht zu verwenden), ein Hilfsmittel zur Anzeige oder zum Ablesen der Meßwerte an Meßgeräten. Die S. kann ausgeführt sein als Strich- oder Ziffernskala. Die **Strichskale** besteht aus einer Anzahl von Teilstrichen oder Punkten (z. B. beim Aräometer), die in gleichen oder ungleichen Abständen quer zu einer manchmal nur gedachten Linie (Kreis oder Geraden) auf einem Teilungsträger angeordnet sind und jeweils einen bestimmten Wert dar-

stellen. Zur Ablesung der Strichskale dient ein Zeiger oder eine Strichmarke. Es werden sowohl feststehende Strichskalen mit beweglichem Zeiger als auch feststehende Zeiger oder Marken mit beweglicher S. verwendet. Die **Ziffernskale** ist eine Folge von Ziffern auf einem Zifferenträger (Zählrolle), wobei meist nur die abzulesende Zahl durch ein Fenster sichtbar ist. Mehrstellige Ziffernskale bestehen aus mehreren, nebeneinander angeordneten einstelligen Ziffernskale. Häufig sind Ziffern- und Strichskalen derart kombiniert, daß die letzte Stelle des angezeigten Wertes auf der Strichskale abgelesen werden kann.

Der **Skalenwert**, abg. **Skw**, ist die Änderung der Meßgröße, die auf einer Strichskale eine Verschiebung der Marke oder des Zeigers von einem Teilstrich zum nächstfolgenden bewirkt, d. h. eine Verschiebung um einen **Skalenteil** (abg. **Skt**), oder auf einer Ziffernskale einen Ziffernschritt, d. h. einen Schritt von einer Zahl zur nächstfolgenden. Der Skalenwert hat stets die Einheit, die für die Meßgröße gilt.

Skandium, Scandium, Symbol **Sc**, chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, Seltenerdmetall, Reinelement, Leichtmetall; Ordnungszahl 21, Atomgewicht 44,956 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, D. 2,99 g cm $^{-3}$, F. 1539 °C, Kp. 2727 °C; 1871 von Mendeleejew vorausgesagt, 1879 von Nilson entdeckt. Das hellgraue Metall ist bereits am Schmelzpunkt merklich flüchtig. In seinen chemischen Eigenschaften ist es dem Aluminium sehr ähnlich. In der Natur kommt es in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Die Trennung von den Begleitmetallen, vor allem von Yttrium und Lanthan, erfolgt nach verschiedenen Verfahren. Das reine Metall erhält man durch Reduktion von Skandiumfluorid. Man verwendet S. hauptsächlich in Form von \rightarrow Zer-Mischmetall.

Skaphander, 1) svw. Taucheranzug, \rightarrow Tauchergärte.

2) gelegentlich verwendete, jedoch unzutreffende Bezeichnung für \rightarrow Raumanzug.

Skapolithe, \rightarrow Feldspatvertreter.

Skarne, harte und zähe Kalksilikate mit Erzen.

Skolan [aus **Skelett** und lateinisch *lana* ‚Wolle‘], ein Skelettvliesstoff. Auf der Querradenlegemaschine werden Kammgarnfäden, die gewissermaßen das Skelett darstellen, auf ein wollhaltiges Vlies aufgelegt, das aus mehreren übereinanderliegenden Floren vom Zweikrempelsatz besteht, und mit einem zweiten Vlies abgedeckt. Durch Filzen auf der Plattenfilzmaschine und Walken auf der Hammerwalke werden die beiden Vliese mit den dazwischenliegenden Fäden zu einem Stoff verfestigt, der durch Waschen, Färben, Rauhen, Scheren, Pressen und Dekatieren ausgerüstet wird. Für S. wird weniger Rohstoff als für vergleichbare Gewebe benötigt, da es eine erheblich kleinere Flächenmasse hat. Weitere Vorteile sind der geringe Wollgehalt von 56 bis 58 % der Vliese und ein Anteil von nur 5 % an Fäden, während für 95 % der Fasern das Verspinnen zu Fäden entfällt. S. ist hauptsächlich zur Herstellung von Mänteln geeignet. Die Textiltechnologie zu seiner Herstellung wurde von Priller erfunden.

Lit. Neue Textiltechnologien. Maliwatt, S., Verbasyn (Leipzig 1962).

Skelettbau, ein aus dem Fachwerkbau abgeleitetes Konstruktionssystem für Bauausführungen in Stahl (\rightarrow Stahlbau) und in Stahlbeton. Das Konstruktionssystem besteht aus Riegel und Stützen und wird durch Streben, Decken- und Wandscheiben ausgesteift. Die Bauwerkslasten aus Eigenmasse und Verkehrslasten werden über die

Riegel und Stützen in die Fundamente abgetragen.

Die **Skelettmontagebauweise** ist eine industrielle Bauweise im Hochbau für Hallen, mehrgeschossige Industriebauwerke und Hochhäuser. Zunächst erfolgt die Montage der Hülsenfundamente; danach werden die Stützen in die Hülsenfundamente eingelassen, ausgerichtet und abgespannt. Auf die Stützen werden die Riegel, Balken oder Binder montiert, die Stöße verschweißt und mit Ortbeton ummantelt. Je nach dem statischen System werden die Balken oder Binder auch auf Gummipolster (Gummilager) gelenkig gelagert. Weitgespannte Binderkonstruktionen werden vielfach aus fertigungs- und transporttechnischen Gründen in Einzelteilen gefertigt und auf die Baustelle geliefert und vor oder nach der Montage zusammengefügt (\rightarrow Spannbeton).

Vorgefertigte Industrierandplatten mit den Abmessungen 1200 mm \cdot 6000 mm oder 1200 mm \cdot 12000 mm werden mit dem aus den Stützen vortretenden Stahlbügel verklammert, bei Geschoßbauten von Geschoß zu Geschoß mit der Skelettmontage angebracht und mit den Riegeln verschweißt.

Skelettine, \rightarrow Proteine.

Skilift, eine \rightarrow Seilschwebbahn.

Skin-Effekt, Hautwirkung, die Erscheinung, daß hochfrequente Wechselströme nur in einer dünnen Oberflächenschicht des Leiters fließen. Im Vergleich zum gleichstromdurchflossenen Leiter konstanten Querschnitts, bei dem die Stromdichte über dem Querschnitt konstant ist, erhöht sich dadurch der Wechselstromwiderstand. Ein Maß für die Dicke der stromführenden Schicht ist die Eindringtiefe, d. i. der Abstand von der Leiteroberfläche, bei dem die unmittelbar an der Oberfläche vorhandene Stromdichte auf den e -ten Teil ($\approx 2,71$) verringert ist. Bei einer Wellenlänge von $\lambda = 3000$ m beträgt diese Eindringtiefe bei Kupfer 0,2 mm, bei Eisen 0,05 mm, im Erdboden etwa 20 m. Mit zunehmender Frequenz nimmt die Eindringtiefe ab. Die Ursachen dieser Erscheinung sind induzierte elektrische Feldstärken, die beim Fließen von Wechselstrom entstehen und deren Richtung an der Leiteroberfläche mit der Stromrichtung übereinstimmt, im Inneren des Leiters aber der Stromrichtung entgegenwirkt, wodurch der Strom im Leiterinneren verhindert und daher zur Oberfläche hin verdrängt wird. Bei sehr hohen Frequenzen wird der Leiterquerschnitt zur Stromleitung nicht ausgenutzt, der Strom fließt nur in der äußersten Haut des Leiters; es genügen also hohle Leiter. Um dieser oft störenden Erscheinung entgegenzuwirken, stellt man Hochfrequenzlitze aus zahlreichen, gegeneinander verdrehten und isolierten Drähten her, von denen dann jeder gleich oft im Innern oder an der Oberfläche liegt und die zusammen eine wesentlich größere Oberfläche besitzen als ein einzelner Draht von gleichem Querschnitt. Ferner versilbert man häufig die Drahtoberflächen, da diese praktisch den ganzen Strom aufnehmen und Silber der beste technische Leiter ist.

Skipförderung, \rightarrow Förderkorb.

Skivers, eine Lederart, \rightarrow Leder.

Skleron, eine Aluminiumlegierung mit 80 bis 85 % Aluminium, 0,1 % Lithium (erhöht Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit), Magnesium, Kupfer, Zink und Silizium. Sie wird im Apparate-, Motoren- und Fahrzeugbau verwendet.

Skopolamin, ein Alkaloid, in dem Skopin (sekundärer Alkohol) mit Tropasäure verestert vorliegt. S. ist in Stechapfelarten, Tollkraut, Bilsenkraut, Alraunwurzel und Tollkirsche enthalten. Es wirkt pupillenerweiternd und lähmend auf das Nervensystem und wird als Beruhigungsmittel (in Kombination mit Morphin) und bei Luft- und Seekrankheit gegeben.

Skot, Kurzz. **sk**, nicht gesetzliche Einheit der Dunkelleuchtdichte bei einer Farbtemperatur von 2360°K . $1\text{ sk} = \frac{10^{-7}}{\pi} \text{sb} = \frac{10^{-3}}{\pi} \text{cd cm}^{-2}$ (Candela/Quadratzentimeter).

Skt, Abk. für Skalenteil, → Skale.

Skull *n*, ein kurzer, leichter → Riemen für Sportrunderboote (**Skullboote**), der paarweise, also einhändig, geführt wird.

Skutterudit, svw. → Smaltin.

Skw, Abk. für Skalenwert, → Skale.

Slawjanow-Verfahren, → Schweißen.

SLB, Abk. für Start- und Landebahn, → Flughafen.

Slip *n* oder *m*, **Aufschleppe**, 1) eine Einrichtung zum Aufslipen (Anlandziehen, Trockenstellen) von Schiffen, z. B. für Reparaturen, Untersuchungen oder Neuanstrich, sowie für das Abslipen (Zuwasserlassen) von reparierten und neugebauten Schiffen. Meist besteht das S. aus geneigten, bis unter Wasser reichenden Gleisbahnen, auf denen **Slipwagen** laufen. Diese werden zum Aufslipen ins Wasser gelassen, das Schiff fährt darüber und wird auf ihnen befestigt. Dann zieht man Slipwagen und Schiff mit Hilfe von Winden an Land, und zwar entweder querschiffs (**Querslip**) oder längsschiffs (**Längsslip**). Das Abslipen geschieht entsprechend. Moderne S.s haben statt der Wagen eine **Slipbühne**.

2) eine vom Deck zum Wasser hin geneigte, leicht gewölbte Fläche im Heck von Walfang- oder anderen Fabrikmutterschiffen, Fischfang- und Fischverarbeitungsschiffen und Hecktrawlern, über welche die Wale bzw. das Netz eingeholt werden.

3) → Schlupf 3).

sm, Kurzz. für → Seemeile.

Sm, Symbol für → Samarium.

SM, Abk. für Siemens-Martin..., z. B. SM-Verfahren, SM-Ofen, SM-Stahl (→ Stahlerzeugung, → Stahl).

Smalte, → Kobalt.

Smaltin, Speiskobalt, **Skutterudit**, ein Mineral, wichtiges Kobalterz, Co/As_{2-3} , mit **Chloanthit** Ni/As_{2-3} , einem Nickelerz, durch unbeschränkte Mischkristallbildung verbunden; kubisch, zinnweiß bis licht stahlgrau, Härte nach Mohs 5 bis 5,5, D. 6,4 bis 6,6 g cm^{-3} . Bei Verwitterung sind S. mit Erythrin (Kobaltblüte), Chloanthit mit Annabergit (Nickelblüte) beschlagen. S. kommt in pneumatolytischen, vor allem hydrothermalen Kristallisationen vor, in denen Kobalt mit Nickel, Silber, auch Wismut und Uran, besonders in Form von Arseniden, erscheinen.

Smaragd, eine Varietät des → Berylls.

Smekal-Raman-Effekt, **Raman-Effekt**, eine 1923 von A. G. Smekal vorausgesagte und unabhängig 1928 von C. V. Raman sowie von G. S. Landsberg und L. I. Mandelstam gefundene Erscheinung, daß sich im Streuspektrum von mit monochromatischem Licht bestrahlten Molekülen Linien finden, deren Wellenlängen sich von der des eingestrahnten Lichtes unterscheiden. Diese Linien sind auf Molekülschwingungen und -rotationen zurückzuführen. Wird der Primärfrequenz ein Schwingungsquant entzogen, so erscheint die gestreute Linie langwelliger als die Primärstrahlung und heißt **Stokesche Linie**. Addiert sich jedoch eine Molekülfrequenz zur Primärfrequenz (seltener Fall), so erscheint die Streulinie höherfrequent und heißt **Antistokesche Linie**. Insgesamt stellen sie die **Raman-Linien** dar. Im Gegensatz zur Infrarotspektroskopie sind hier bei der Raman-Spektroskopie Schwingungen bemerkbar, die die Polarisierbarkeit der Moleküle ändern, so daß sich beide spektroskopische Untersuchungsmethoden ergänzen. Hauptanwendungsgebiete der Raman-Spektroskopie sind die qualitative und quantitative Analyse.

Smektit, → Bentonit.

sMG, Abk. für schweres → Maschinengewehr.

Smirgel, **Schmirgel**, feinkörniges Gemenge von Korund, Magnetit, Eisenglanz und Quarz, einem Eisenerz ähnlich. S. findet sich kontaktmetamorph in Lagern und wird als Schleifmaterial verwendet. Der natürliche S. wird für viele Zwecke durch den synthetischen S., d. h. durch kalzinierten Bauxit und durch das noch härtere synthetische Karborundum SiC , ersetzt.

Smithsonit, **Zinkspat**, ein Mineral, wichtiges Zinkerz, ZnCO_3 , trigonal, farblos, durch Beimengungen verschieden gefärbt, Härte nach Mohs 5, D. 4,3 bis 4,5 g cm^{-3} , vorwiegend durch Gelbfärbung nieri, traubig, schalig gebändert. S. entsteht bei der Verwitterung von Sphalerit in Gegenwart von Kalkstein oder Dolomit; er bildet mit Hemimorphit und Hydrozinkit die Galmeierze.

Smog [Abk. für englisch smoke 'Rauch' und fog 'Nebel'], **Stadtnebel**, Bezeichnung für eine vor allem dem menschlichen Organismus sehr schädliche Anreicherung der Luft mit giftigen Umwandlungsprodukten von Rauch und Abgasen verschiedener Industrien und der Kraftfahrzeuge. Die Umwandlung wird durch Einwirkung von Sonnenlicht, katalytisch wirkenden Spurenbestandteilen und Ozon beschleunigt. Derartige Anreicherungen entstehen vor allem bei Windstille und Hochdrucklagen über Großstädten, Industriegebieten und in engen Talkesseln (1930 im Maastal bei Lüttich 70 Todesopfer und 6000 Vergiftungsfälle), aber auch bei feuchtem Nebel (1952 in London 4000 Todesfälle, vor allem bei Herz- und Gefäßkrankheiten).

Lit. Jung: Luftverunreinigung und industrielle Entstaubung (Berlin 1965).

Sn, Symbol für → Zinn.

Snurrewade, ein → Fischfanggerät.

Soda *f*, **Natriumkarbonat**, ein weißes, in Wasser leicht lösliches Salz, das bekannt ist als **kalzinierte S.** (wasserfrei) Na_2CO_3 , F. 853°C , als **Kristallsoda** $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, wichtigstes, monoklin kristallisiertes Hydrat, F. 32°C , und als rhombisches Monohydrat $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, das oberhalb 107°C in die wasserfreie Verbindung übergeht. Als **kaustische S.** oder **Sodastein** bezeichnet man durch Kaustifizieren von S. gewonnenes Ätznatron (Natriumhydroxid). In der Natur findet sich S. gelöst in Sodaseen, z. B. in der Armenischen SSR, in Ungarn, China, Ägypten, Ostafrika und Amerika, sowie in alkalischen Heilquellen, z. B. in Karlovy Vary. Durch Austrocknen der Seen bilden sich große Lager, in denen die S. kristallisiert als $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ vorkommt. In dieser Form bezeichnet man sie in Ägypten als Trona, in Venezuela als Urao. Ein Sodalager von großer Mächtigkeit befindet sich im Lake Magadi in Kenia. Auch die Asche von Pflanzen, die in der Nähe von Salzsteppen, z. B. in der Armenischen SSR, oder am Meeresstrand, z. B. auf Sizilien und Sardinien, in Spanien (Alicante, Malaga), Frankreich, Schottland und Irland, wachsen, enthält bis zu 30 % Soda, die als Barilla bezeichnet wird.

Herstellung. S. wird fast ausschließlich aus Natriumchlorid NaCl und Kalziumkarbonat CaCO_3 hergestellt, und zwar fast nur noch nach dem 1863 von E. Solvay angegebenen **Solvay-Verfahren** (**Ammoniak-Soda-Verfahren**). Natriumchlorid wird der Sodafabrik teils in fester Form (Steinsalz) geliefert und dann zu Sole gelöst, teils wird es bereits als gesättigte Salzlösung über Rohrleitungen direkt aus dem Abbau zum Werk gepumpt. Die Rohsole wird zur Entfernung der Härtebildner (Kalzium- und Magnesiumsalze) mit Kalkmilch und Sodälösung behandelt. Im nachgeschalteten Absetzer (Dekanteur) wird die Sole geklärt. Dann reichert man sie in einem Absorber mit Ammoniak an und übersättigt die

tragen im Ruhrgebiet bei flacher Lagerung 40 bis 80 m, bei steiler Lagerung 100 bis 200 m, im Gangerzbergbau 40 bis höchstens 100 m. Sind zwei **Hauptsohlen** vorhanden, wird die untere als **Fördersohle**, d. h. für die Förderung des Hauptwerks zum Schacht, ausgebaut, die obere, die **Wettersohle**, dient zum Ausziehen der matten (verbrauchten) Wetter. Meist genügt eine Zerlegung der Lagerstätte in S.n nach dem Streichen noch nicht, sie muß durch Zerlegung nach dem Einfallen ergänzt werden. Hierzu dienen vorwiegend die **Teilsohlen**, die untereinander und mit den Hauptsohlen meist durch Blindschächte verbunden sind.

söhlig, bergmännisch für etwa waagrecht. **Tot-söhlig**, svw. waagrecht.

Sojaöl, → Fette und fette Öle.

Sol n, eine kolloide Lösung, z. B. Aerosol.

solar [lateinisch], auf die Sonne bezogen, z. B. Solarbatterie (svw. Sonnenbatterie).

Solarbatterie, → Sonnenzelle.

Solarisation, die Erscheinung, daß sich bei sehr langer Belichtung photographischer Schichten die Lichteinwirkung umkehrt. Bei Landschaftsaufnahmen wird das Sonnenbild im Negativ glasklar, im Positiv also tiefschwarz. Moderne Photomaterialien sprechen wenig auf S. an. Umkehreffekte (Pseudosolarisation, Sabbatier-Effekt) werden heute mitunter auch bewußt zur Erzielung besonderer Wirkung erzeugt.

Solarkonstante, die Intensität der Sonnenstrahlung an der oberen Grenze der Atmosphäre. Sie wurde bisher aus Messungen innerhalb der Atmosphäre bestimmt und für „extraterrestrische“ Sonnenstrahlung umgerechnet. Da ursprünglich vermutet wurde, daß die Sonnenstrahlung konstant sei, entstand die Bezeichnung S. Diese „Konstante“ ist jedoch nach neueren Messungen durchaus Schwankungen unterlegen, worüber Messungen mit Raketen, künstlichen Erdsatelliten oder von Weltraumlaboratorien aus Aufschluß geben sollen. Die bisher ermittelte mittlere S. beträgt $1,97 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$. Einheit der S. ist das → langley.

Solarzelle, svw. → Sonnenzelle.

Sole, **Salzsole**, technische Bezeichnung für wäßrige Lösungen von Natriumchlorid, → Salz 1).

Solfataren, → Exhalation.

Soliduslinie, **Festlinie**, in Zustandsdiagrammen, z. B. im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen), die Linie, unterhalb derer die Stoffanteile fest sind. Gegensatz: → Liquiduslinie.

Solifluktion, **Bodenfließen**, die fließende bis kriechende Bewegung von Schutt- oder Erdmassen auf geneigter Unterlage. Die S. ist besonders ausgeprägt auf Dauerfrostboden, d. h. in polaren und subpolaren Gebieten, wo der kaum durch Vegetation geschützte Verwitterungsboden über einer gefrorenen und deshalb undurchlässigen Unterschicht im Sommer vom Schmelzwasser durchtränkt wird und schon bei geringster Bodenneigung in Bewegung gerät (**Fließerde**).

Sollmaß, in der Meßtechnik 1) das Maß bei einer Maßverkörperung (Lehre), das diese (z. B. nach ihrer Aufschrift) darstellen sollte; 2) das Maß bei einem Werkstück, das bei dessen Herstellung angestrebt werden soll (meist die Mitte des Toleranzfeldes). → Lehre, → Fehler, → Toleranz.

Solstitium, die → Sonnenwende.

Solubilisierung, Auflösung eines Stoffes in einem Lösungsmittel, in dem er normalerweise nicht löslich ist. Dies wird durch Zusatz eines dritten Stoffes, meist einer geringen Menge kolloidlicher Substanz erreicht. **Beispiel**: Auflösen von Kohlenwasserstoffen in Wasser durch Beimengen fettsaurer oder gallensaurer Salze. Meist erfolgt die S. durch Aufnahme des zu lösenden Stoffes in das Innere der von den kolloiden Stoffen gebildeten Mizellen. Die S. ist verwandt mit der

Emulsionierung (→ Emulsion), das Solubilisat jedoch im Gegensatz zur Emulsion stabil, d. h. es entmischt sich nicht, und die Größe der Mizellen liegt meist unterhalb der Dimensionen von Kolloiden. Die S. hat praktische Bedeutung bei der Reinigung von Textilien, bei Färbevorgängen, bei der Anwendung von Medikamenten und bei der Emulsionspolymerisation.

Solutizer-Prozeß, → Erdölchemie.

Solvatation, die Anlagerung von Lösungsmittelmolekülen an gelöste Stoffe (Ionen, Moleküle, Kolloide). Die bei der S. entstehenden Produkte heißen **Solvate**. Spezielle Solvate sind (nach dem jeweiligen Lösungsmittel benannt) Ammoniakate, Hydrate und Alkoholate. Der wichtigste Spezialfall der S. ist die → Hydratation. Die Anzahl der von einem gelösten, solvatisierten Teilchen gebundenen Lösungsmittelmoleküle, die **Solvatationszahl**, kann meist nur annähernd bestimmt werden. Ausschlaggebend für die Solvatationsfähigkeit eines Lösungsmittels ist ein möglichst hoher Betrag des Dipolmomentes seiner Moleküle. Die S. von Ionen ist wichtig für die Löslichkeit von Elektrolyten. Die dabei frei werdende Energie heißt **Solvatationsenergie**. Wichtig ist die S. auch bei der Stabilisierung lyophiler Kolloide.

Solvans, das Lösungsmittel, → Lösung.

Solventextraktion, ein Verfahren zur Abtrennung bestimmter Stoffgruppen aus Flüssigkeitsgemischen durch Behandlung mit einem Extraktionsmittel. Besondere Bedeutung hat die S. aromatischer Verbindungen aus Schmierölen und Treibstoffen. Als Extraktionsmittel eignen sich nur Stoffe, die gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe nur geringfügig lösen. Das seit 1912 betriebene **Edeleanu-Verfahren** arbeitet mit flüssigem Schwefeldioxid, das **Udex-Verfahren** benutzt ein Gemisch von Diäthylenglykol und Wasser und das im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ entwickelte **Mofex-Verfahren** verwendet Monomethylformamid.

Solvolyse, die Aufspaltung gelöster Stoffe durch Wechselwirkung mit dem Lösungsmittel. Die Erscheinungen der S. können durch Wasser (→ Hydrolyse) und andere polare Lösungsmittel, z. B. Ammoniak (Ammonolyse), Hydrazin (Hydrazinolyse), Alkohol (Alkoholyse) und Säuren (Azidolyse) hervorgerufen werden.

Soman, ein → Nervengift.

Somatotropin, ein → Hormon.

Sonar [Abk. für amerikanisch sound navigation and ranging], Sammelbegriff für Schallortungsverfahren. Das Prinzip des S.s besteht darin, daß man Schallimpulse aussendet und aus der Zeit, die bis zum Eintreffen der von einem Hindernis zurückgeworfenen Reflexionsimpulse vergeht, die Entfernung bis zum Hindernis bestimmt. Das Meßergebnis kann entweder vom Bildschirm einer Oszillographenröhre oder direkt von einem Instrument abgelesen werden. Das S. arbeitet sowohl in Luft (z. B. Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit im Straßenverkehr, Orientierungshilfe für Blinde mit akustischer Anzeige) und in Wasser (→ Hydroakustik) als auch in festen Körpern (z. B. zerstörungsfreie Materialprüfung). **Sonde**, 1) Bergbau: a) fündige Bohrung, besonders nach Erdöl (Erdölsonde); b) die Rettungs-sonde, → Rettungsbohrung.

2) Physik: eine Vorrichtung zum Ausmessen von Feldern, vor allem zum Ermitteln der Potentialverteilung in elektrischen Feldern bei Gasentladungen, z. B. im Plasma, oder zum Bestimmen des luftelektrischen Feldes über der Erdoberfläche. Der Hauptteil einer elektrischen S. ist meist eine Metallspitze, eine plattenförmige Elektrode oder ein zylindrischer Probekörper aus Metall. Mißt man das Potential einer Sonde gegen das Potential der Katode oder der Anode, so stimmt das gemessene Potential allgemein nicht

mit dem Raumladungspotential am Sondenort überein. Erst aus einer aufgenommenen Sondencharakteristik kann man das Raumpotential (und andere Entladungsparameter) bestimmen.

Lit. → Gasentladung.

3) Astronautik: a) die → Raumsonde; b) die Raketen-sonde (→ Höhenforschungsrakete).

Sondenballon, → Ballon.

Sonderbahnen, vielfach auch als **Einschienenbahnen** bezeichnet, nichtkonventionelle Schienenbahnen, die vom Prinzip der klassischen Zweischienenbahn (z. B. → Eisenbahn) abweichen. Von den zahlreichen vorgeschlagenen Varianten haben nur wenige technische Bedeutung erlangt. Als sogenannte echte Einschienenbahn kann die seit 1903 in Betrieb stehende Wuppertaler Schwebebahn bezeichnet werden. Die analoge Ausführung mit einer unter dem Fahrzeug liegenden Schiene (Einschienenbahn nach Scherl) bedarf zu ihrer Stabilisierung eines Kreisels und hat keine Bedeutung erlangt.

Die bisher ausgeführten S. können nach ihren grundlegenden konstruktiven Merkmalen in → Sattelbahnen und → Hängebahnen unterteilt werden. Sie können nur in der Hochlage (→ Zweite Ebene) verkehren. S. werden ausschließlich elektrisch betrieben. Die bei verschiedenen Varianten verwendete Gummibereifung bringt wesentlich höhere Reibwerte als bei Stahlrädern; solche S. können daher steile Rampen befahren und ermöglichen Anfahrbeschleunigungen, die weit über der bei Personenbeförderung zumutbaren Grenze liegen. Theoretisch mögliche Höchstgeschwindigkeiten von 300 km/h und mehr sind bisher nicht realisiert worden.

Sondereinheiten, solche in Bereichen der Physik angewendete Einheiten, für die international noch keine Regelung besteht und die auch gesetzlich nicht festgelegt sind, z. B. die Siegbahn'sche X-Einheit (Kurz. XE) in der Röntgenspektroskopie, die Energieeinheit Elektronenvolt (eV), das Röntgen (R) mit den in der Medizin üblichen Einheiten roentgen equivalent physical (Rep) und roentgen equivalent man (Rem).

sone, Kurz. für → Sone.

Sone, Kurz. sone, Kennwort zur Angabe der Lautheit. Ein Schall hat die Lautheit 1 S., wenn seine Lautstärke 40 Phon beträgt. Der Zusammenhang von S. und Phon muß für jede Versuchsperson individuell durch Experiment bestimmt werden.

Sonne, der zentrale Himmelskörper des Sonnensystems, Zeichen \odot . Die S. erscheint von der Erde aus in einer Entfernung von im Mittel 149,6 Millionen km (**Sonnenweite**, **Erdweite**, **astronomische Einheit**) als eine kreisrunde, scharf begrenzte leuchtende Scheibe mit einem Winkeldurchmesser von rund $1/2$ Grad. Ihr wahrer Durchmesser ist 1,392 Millionen km, d. i. das 109fache des Erddurchmessers. Die Masse der Sonne beträgt $1,99 \cdot 10^{33}$ kg; sie übertrifft damit die Masse der Erde 333000mal und die aller Planeten zusammengenommen 745mal. Ihre mittlere Dichte ist $1,41 \text{ g/cm}^3$ oder 0,28 der mittleren Erddichte.

Die scheinbare tägliche Bewegung der S. am Himmelsgewölbe wird durch die Erdrotation hervorgerufen, die scheinbare jährliche Bewegung durch den Umlauf der Erde um die Sonne. Zweimal im Jahr, zu den Zeiten der Sonnenwende, erreicht die S. ihre größte nördliche oder südliche Deklination, die $23^\circ 27'$ beträgt. Zur Zeit der Tagundnachtgleichen (→ Äquinoktium) passiert die S. den Himmelsäquator. Die Leuchtkraft der S., d. h. die gesamte je Sekunde ausgestrahlte Energie, beträgt $3,86 \cdot 10^{33} \text{ erg/s} = 3,86 \cdot 10^{23} \text{ kW}$, daraus ergibt sich die Strahlungsenergie, die in der mittleren Entfernung Erde–S. je Sekunde auf 1 cm^2 fällt (**Solarkonstante**), zu $1,374 \cdot 10^6$

$\text{erg/cm}^2 \cdot \text{s} = 1,97 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$. Die scheinbare visuelle Helligkeit der S. beträgt $-26,8$ Größenklassen, ihre absolute Helligkeit $+4,71$ Größenklassen. Das Spektrum der Sonnenstrahlung besteht aus einem kontinuierlichen Untergrund, auf dem dunkle Linien (Fraunhofer'sche Linien, Absorptionslinien) erscheinen. Bei Raketenaufliegen fand man im Gegensatz dazu im kurzwelligen Spektralbereich (100 bis 180 nm) das kontinuierliche Spektrum durch Emissionslinien überlagert. Das kontinuierliche Spektrum entspricht ungefähr dem eines schwarzen Körpers von 5700°K (effektive Temperatur der Sonnenoberfläche). Das kurzwellige ultraviolette Licht wird zum größten Teil in der Ionosphäre der Erde absorbiert und ionisiert die dort befindlichen Atome, es ist also von der Erdoberfläche aus nicht beobachtbar. Das Intensitätsmaximum der Sonnenstrahlung liegt im blaugrünen Bereich bei etwa 475 nm. Unter dem Einfluß der → Streuung des Lichts an den Gasmolekülen der Atmosphäre (Rayleigh-Streuung) verschiebt sich das Intensitätsmaximum bei hochstehender S. in den grüngelben Spektralbereich (etwa 550 nm), bei tiefstehender S. weiter in den gelben bis roten Spektralbereich. Die Absorptionslinien lassen sich den auf der Erde bekannten Elementen zuordnen und geben Aufschluß über die chemische Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre. Wie die anderen Fixsterne ist die S. eine Gaskugel, deren Materie durch die Massenanziehung zusammengehalten wird. Der größte Teil, das Sonneninnere, ist nicht direkt sichtbar, weil die von dort kommende Strahlung durch die darüberliegende Materie wieder absorbiert wird. Das von der S. ausgestrahlte Licht stammt von der Sonnenatmosphäre, den äußersten, weniger dichten Schichten, die daher auch der Beobachtung zugänglich sind. Die Struktur des Sonneninneren läßt sich theoretisch berechnen. Temperatur, Druck und Dichte der Gase steigen zum Zentrum hin an. In ihm herrscht eine Temperatur von 15 bis 20 Millionen $^\circ \text{K}$, ein Druck von einigen 100 Milliarden at und eine Dichte von etwa 100 g/cm^3 . Die von der S. ausgestrahlte Energie wird vorwiegend in der unmittelbaren Nähe des Zentrums durch Umwandlung von Wasserstoff in Helium erzeugt. Der Masseverlust infolge Ausstrahlung beträgt etwa 4,3 Millionen t/s. Die im Inneren der S. erzeugte Energie wird in Form von Strahlung nach außen transportiert; dies geschieht durch fortwährende Absorption und Emission. Nahe der Oberfläche befindet sich eine Schicht (Wasserstoff-Konvektionszone), in der der Energietransport vorwiegend durch Konvektion erfolgt.

In der **Sonnenatmosphäre** unterscheidet man drei verschiedene Schichten. 1) Die Photosphäre ist die Schicht, aus der der weitaus größte Teil des ausgestrahlten Sonnenlichtes stammt. Ihre Mächtigkeit beträgt etwa 500 km, ihre Temperatur 4000 bis 7000°K . Die Photosphäre besitzt eine körnige, rasch wechselnde Struktur (Granulation), die durch turbulente Gasströmungen verursacht wird. Auffallende Störungen der Photosphäre sind die **Sonnenflecke**, die entweder klein sind (Poren) und nach wenigen Tagen wieder verschwinden oder aber größer sind und Durchmesser bis zum 10- bis 15fachen des Erddurchmessers haben; sie können dann mehrere Monate bestehen bleiben. Die Sonnenflecke erscheinen dunkel, weil in ihnen die Temperatur um etwa 1200 grd niedriger als in der Umgebung ist. Sie sind Sitz starker Magnetfelder, wobei die Hauptflecke einer Gruppe in der Regel entgegengesetzte Polarität haben. Die Fleckenhäufigkeit schwankt in einem etwa elfjährigen Zyklus. Über die Entstehung der Sonnenflecke ist noch nichts Sicheres bekannt, offensichtlich spielen aber lokale Magnetfelder eine große Rolle. Neben den Flecken treten

weiterhin netzartige Störungen der Photosphäre, die **Sonnenfackeln**, auf. Sie besitzen eine höhere Temperatur als ihre Umgebung, erscheinen also heller. 2) Die Chromosphäre schließt sich nach außen an die Photosphäre mit einer Mächtigkeit von etwa 10 000 km an. Sie ist sehr lichtschwach, daher normalerweise nicht sichtbar. In ihr werden aber dem kontinuierlichen Sonnenlicht die Absorptionslinien aufgeprägt. In der Chromosphäre nimmt die Temperatur nach außen hin zu. Als Störungen treten die **Protuberanzen** auf, riesige Materiewolken, die z. T. noch weit über die Chromosphäre aufragen. Befinden sie sich am Rande der Sonnenscheibe, so sieht man sie während einer totalen Sonnenfinsternis oder mittels eines Protuberanzenspektroskops als helle Erhebungen über den Rand hinausragen. Vor der Sonnenscheibe machen sie sich als dunkle Filamente bemerkbar. Die Protuberanzen können sehr langlebig sein oder aber mit hoher Geschwindigkeit (bis zu 700 km/s) aufsteigen. Solche Aufstiege konnten bis in Höhen von fast 2 Millionen km verfolgt werden. Auch für die Protuberanzerscheinung dürften lokale Magnetfelder eine wesentliche Rolle spielen. Als **Sonneneruptionen** bezeichnet man Störungen in der Photosphäre und der Chromosphäre, die als kurzzeitige Helligkeitsausbrüche in einem begrenzten Gebiet auftreten. 3) Die Korona schließt sich nach außen hin an die Chromosphäre an. Charakteristisch für sie ist neben einer außerordentlich niedrigen Dichte die sehr hohe Temperatur von etwa 1 Million °K. Wahrscheinlich stammt die zur Aufheizung der Korona benötigte Energie aus Stoßwellen, die mit der Granulation der Photosphäre in Verbindung stehen. Die Korona bildet den Übergang zum interplanetaren Gas. Die Gesamtform der Korona ist mit dem Sonnenfleckenzyklus veränderlich. Wegen ihrer geringen Helligkeit konnte früher die Korona nur während totaler Sonnenfinsternisse gesehen werden, heute ist sie mit dem Koronographen dauernder Untersuchung zugänglich.

Neben dem sichtbaren Licht sendet die S. auch eine **Radiofrequenzstrahlung** aus. Der immer vorhandenen ungestörten Strahlung überlagert sich eine mehr oder minder intensive Störstrahlung. Während die ungestörte Radiofrequenzstrahlung thermischen Ursprungs ist und bei der Bewegung der Elektronen in den elektrischen Feldern der Ionen entsteht, weiß man über die Entstehung der Störstrahlung noch wenig, da sie sich in sehr unterschiedlicher Weise bemerkbar machen kann.

Außer der elektromagnetischen Wellenstrahlung ist eine **Korpuskularstrahlung** der S. vorhanden, die auch als **Sonnenwind** bezeichnet wird. Es handelt sich dabei vorwiegend um Elektronen und Protonen, die mit einer Geschwindigkeit von einigen 100 bis 2000 km/s fliegen und Störungen des erdmagnetischen Feldes sowie Polarlichter verursachen. Störungen der irdischen Ionosphäre werden sowohl durch die Teilchenstrahlung als auch durch die ultraviolette Störstrahlung hervorgerufen.

Lit. Waldmeier: Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung (2. Aufl. Leipzig 1955); Borgwardt: Energiespenden der Sonne (Leipzig 1962); Duttweiler: Die S. (München 1962); Graff u. Lambrecht: Grundriß der Astrophysik, Bd 2 Das Sonnensystem (2. Aufl. Leipzig 1962).

Sonnenbatterie, → Sonnenzelle.

Sonnenblumenöl, → Fette und fette Öle.

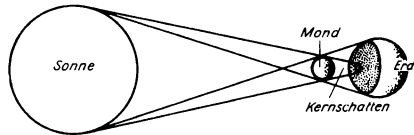
Sonnenbrenner, eine besonders bei Basalten auftretende Art der Verwitterung, die mit der Bildung von hellen Flecken im Gestein beginnt und nach wenigen Jahren zum feinkörnigen, bröckeligen Zerfall des Gesteins oder von Teilen desselben führt. Mit S. behaftete Gesteine sind als Pflastermaterial und Schotter ungeeignet.

Sonnensnergieanlage, swv. → Sonnenkraftanlage.

Sonnenfackeln, → Sonne.

Sonnenferne, → Apisden.

Sonnenfinsternis, das vollständige oder begrenzte Unsichtbarwerden der Sonnenscheibe. Die S. entsteht dadurch, daß der Mond zwischen Erde und Sonne tritt. Erdorte, die vom Kern-



Verlauf einer Sonnenfinsternis

schatten (→ Schatten) des Mondes getroffen sind, haben **totale S.** Orte, die im Halbschatten liegen, **partielle S.** Orte, die im Gegenkegel des Mondkernschattens liegen, **ringförmige S.** Nach 18 Jahren 11 Tagen wiederholen sich die Sonnenfinsternisse in nahezu gleicher Weise (Saros-Periode), wenn auch nicht für ein und denselben Ort. Eine totale S. ist an einem bestimmten Ort nur etwa alle 200 Jahre sichtbar. Die Kenntnis der Saros-Periode ermöglichte bereits im Altertum genährte Voraussagen von Sonnen- und Mondfinsternissen.

Sonnenfleck, Störgebiet in der Photosphäre der → Sonne.

Sonnenkraftanlage, eine Anlage zur Umwandlung der Strahlungsenergie der Sonne in nutzbare Kraft. Die Ausnutzung der Sonnenenergie ist auf verschiedene Weise möglich.

1) **Sonnenkraftwerke** weisen einen Kessel (Heliokessel) auf, dessen Erwärmungsfläche sich im Brennpunkt einer großen Zahl von Reflexions spiegeln befindet. Diese Spiegel werden entsprechend dem Stand der Sonne mittels Elektromotoren und selbsttätiger Systeme von Photoelementen und Magnetverstärkern bewegt, bei großen S.n auf Schienen. Durch die Sonnenenergie wird in dem Kessel Dampf erzeugt, der in einer Turbine entspannt wird und einen Generator treibt. Das größte bekannte Sonnenkraftwerk befindet sich im Ararat in Armenien. Es verfügt über 1300 Reflexionsspiegel mit einer Fläche von je 15 m²; die Leistung beträgt 1200 kW, der Dampfdruck 30 at.

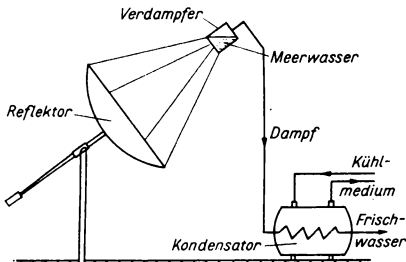
2) **Sonnenöfen** dienen dazu, das Hochtemperaturverhalten verschiedener Werkstoffe zu prüfen (Schmelzen von Oxiden, Metallen u. a.). Die Sonnenöfen bestehen aus Parabolspiegeln, in deren Brennpunkt Temperaturen bis 6000 °C erzeugt werden können, und automatisch der Sonne nachgeführten Planspiegeln, die die Sonnenstrahlung in die Parabolspiegel werfen. Der bisher größte Sonnenofen steht in den franz. Pyrenäen. Er besteht aus einem Facetten-Parabolspiegel mit einer Fläche von 1500 m² und einem Brennpunkt von 25 m, einer Breite von 55 m und einer Höhe von 35 m. Die Planspiegel (etwa 60) mit einer Fläche von je 44 m² sind im Gelände auf Terrassen angeordnet. Die Leistung beträgt 1000 kW, die erreichbare Temperatur 4000 °C.

3) Weitere S. sind **Destillationsanlagen** zur Meerwasserentsalzung mittels Sonnenenergie. Das Wasser wird durch die Sonnenenergie verdampft, dadurch entsalzt und Frischwasser gewonnen. Man unterscheidet zwei Bauarten. a) Destillationsanlagen der einen Bauart nutzen die Sonnenenergie ohne Konzentration (Flachkollektoren). Sie bestehen aus flachen Wasserbecken, die mit geneigten Glasscheiben bedeckt sind und eine die Strahlung absorbierende Bodenfläche besitzen. b) Destillationsanlagen der zweiten Bauart konzentrieren durch Reflektoren die

Strahlungsenergie und erreichen dadurch erhöhte Temperaturen.

Andere Möglichkeiten der Nutzung der Sonnenenergie sind die Raumheizung, die Beheizung des Verdampfers von Absorptions-Kühlaggregaten und die Nutzung für Haushaltzwecke (Sonnenkocher, Sonnenbräter, Sonnensamowar, Spiegelbrenner).

Lit. Rau: Sonnenenergie (Bonn 1958).



Destillationsanlage mit Strahlensammlung zur Meerwasserentsalzung

Sonnennähe, → Apsiden.

Sonnenofen, eine → Sonnenkraftanlage.

Sonnenscheinmeßgerät, ein Gerät zur Messung der täglichen Sonnenscheindauer. Eine als Brennlinsen wirkende Glaskugel erzeugt bei Sonnenschein auf einem mit Stundeneinteilung versehenen Papierstreifen eine meßbare Brennspur.

Sonnenschutzglas, → Sehhilfe.

Sonnensystem, die Sonne und alle Himmelskörper, die sich in elliptischen Bahnen gemäß den Keplerschen Gesetzen um sie bewegen; auch der Raum, in dem ihre Bahnen liegen. Zum S. gehören außer der Sonne die großen Planeten, ihre Monde, die Planetoiden und die Kometen. Der Raum zwischen den Planeten ist angefüllt von gas- und staubförmiger Materie (interplanetarer Materie). Die Sonne und das ganze S. bewegen sich relativ zu den umgebenden Fixsternen mit einer Geschwindigkeit von 20 km/s in Richtung auf das Sternbild des Herkules (→ Apex); mit jenen zusammen bewegen sie sich in rund 220 Mill. Jahren um den Mittelpunkt des Milchstraßensystems mit 220 km/s Geschwindigkeit. Über die Entstehung des S.s gibt es verschiedene Theorien. (→ Kosmogonie).

Sonnenwende, Solstitium, der Zeitpunkt, an dem die Sonne auf ihrer scheinbaren jährlichen Bahn die Extremwerte ihrer Deklination erreicht. **Sommersonnenwende** findet um den 22. Juni statt, **Wintersonnenwende** um den 22. Dezember.

Sonnenwind, → Sonne.

Sonnenzelle, Solarzelle, ein Halbleiter-Photoelement aus p- und n-leitenden Siliziumplättchen, das mit Hilfe des photoelektrischen Effekts (Photoeffekts) die Energie der Sonnenstrahlung unmittelbar in elektrische Energie umwandelt. Der Wirkungsgrad von S.n kann mehr als 10 % erreichen. S.n haben große Bedeutung für die Stromversorgung von Meß- und Steuergeräten sowie von Sendern in künstlichen → Erdsatelliten und Raumsonden erlangt. Dazu werden mehrere 100 bis mehrere 10000 S.n, zu **Sonnenbatterien** (Solarbatterien) vereinigt, auf der Oberfläche der Satelliten oder auf großflächigen Auslegern des Satellitenkörpers angebracht. Das letztere Verfahren bietet den Vorteil, daß die Fläche der Sonnenbatterie unabhängig von der Lage des Satelliten der Sonne nachgeführt werden kann, so daß stets eine maximale Leistung erzielt wird. Man betreibt die Sonnenbatterie gewöhnlich zusammen mit Nickel-Kadmium-Akkumulatoren als Pufferbatterie. S.n haben gegenüber chemischen und Kernenergiequellen den Vorteil, bei geringer

Masse eine zeitlich fast unbegrenzte Energieversorgung von Raumflugkörpern zu sichern; lediglich durch die Einwirkung von Strahlung und kosmischem Staub sinkt ihre Leistung allmählich ab. Auch für andere Aufgaben können S.n eingesetzt werden, z. B. zum Betreiben von Rundfunkempfängern und Hörhilfegeräten.

Sorbinsäure, Δ-2,4-Hexadiensäure, $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$, eine zweifach ungesättigte Monokarbonsäure. Sie kristallisiert in weißen Nadeln (F. 134,5 °C). Technisch gewinnt man S. aus Malonsäure und Krotonaldehyd. S. ist heute eines der wichtigsten Lebensmittelkonservierungsmittel.

Sorbit, 1) Chemie: ein sechswertiger Alkohol (Hexit), der sich von der Glukose ableitet, $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}$. D-Sorbit bildet süßschmeckende Nadeln (F. 97 °C). Seine bakterielle Oxydation führt zur L-Sorbose. Er kommt vor allem in Vogelbeeren vor und wird durch katalytische Hydrierung aus D-Glukose hergestellt. Technisch wird er unter anderem zur Herstellung von Vitamin C verwendet und als Süßstoff in der Diabetikerernährung.

2) Metallographie: metallographische Bezeichnung für ein Gefüge der Perlitstufe des Stahls, wobei die Zementitlamellenabstände so fein sind, daß sie lichtmikroskopisch gerade noch aufgelöst werden können (→ Troostit). S. entsteht bei Abkühlungsgeschwindigkeiten unter 200 °C/s bzw. beim Anlassen (Temperaturen über 400 °C bis nahe 700 °C). Er wurde benannt nach dem englischen Forscher Sorby.

L-Sorbose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, eine Kethexose (→ Kohlenhydrate). Sie bildet farblose Kristalle (F. 165 °C), ist im Saft der Vogelbeeren enthalten und wird durch bakterielle Oxydation von D-Sorbit gewonnen.

Sorption, die Aufnahme eines Stoffes (besonders Gas) durch einen anderen, mit ihm in Berührung stehenden Stoff. Sorptionsprozesse sind selektive Prozesse. Jedes Lösungsmittel (**Sorbens**) ist befähigt, nur ganz bestimmte Stoffe (**Sorbate**) aufzunehmen; andere werden dagegen gar nicht oder nur in geringen Mengen aufgenommen. Durch diese Eigenschaft ist man z. B. in der Lage, im technischen Maßstab Gasgemische zu trennen.

Zur S. gehören: 1) **Absorption**, das Eindringen von Gasen oder Gasgemischen durch Diffusion in eine kondensierte Phase, d. h. in eine Flüssigkeit oder einen festen Stoff (**Absorptionsmittel**, **Absorbens**). Das aufgenommene Gas (**Absorbat**) bildet mit den Lösungsmitteln, den Absorbenten, homogene Lösungen. Der Lösungsprozeß verläuft bis zum Gleichgewicht, das von der Temperatur und vom Druck abhängt. Technisch erfolgt die Absorption wie die Destillation und die Rektifikation in Kolonnen.

2) **Adsorption**, die auf Grund molekularer Kräfte stattfindende Anlagerung von Gasen und gelösten Stoffen (**Adsorbaten**) an Phasengrenzflächen, d. h. an der Oberfläche eines festen Stoffes, des **Adsorptionsmittels** (**Absorbens**), oder an flüssigen Grenzflächen. Je größer die Phasengrenzfläche ist, um so größer wird die adsorbierte Stoffmenge. Die angelagerten Gasmoleküle werden nur durch van-der-Waalsche oder elektrostatische Kräfte gebunden. Diese Anlagerung tritt ohne Kondensation der Gasmoleküle ein und beschränkt sich im allgemeinen auf die Bildung einer einmolekularen oberflächenschicht. Der Adsorptionsvorgang ist mit dem Freiwerden von **Adsorptionswärme** verbunden. Je höher die Temperatur des Sorbens ist, um so größer ist die Adsorptionswärme. Zwischen der Konzentration des zu adsorbierenden Stoffes in der Gasphase und der Anzahl der bereits adsorbierten Partikeln stellt sich im Sättigungszustand ein Gleichgewicht ein. Dieses wird durch die **Adsorptions-**

isothermen beschrieben und stellt sich zeitlich nach einer Exponentialfunktion ein.

Als Adsorptionsmittel für Gase verwendet man Aktivkohle, Kieselgel und Aktivtonerde, bei Lösungen außer Aktivkohle besonders ionenaustauschende Stoffe, z. B. Permutite und Wofatite. Die Adsorption spielt bei allen Lebensvorgängen, bei den Ionenaustauschern, bei der Filtration und bei der Katalyse eine große Rolle.

3) **Kapillarkondensation**, die Kondensation von Dämpfen in den feinen Poren (Kapillaren) eines porösen festen Stoffes während eines Adsorptionsprozesses.

4) Treten bei der S. chemische Reaktionen auf, so handelt es sich um **Chemisorption**. Diese stellt im Gegensatz zur reversiblen physikalischen S. einen irreversiblen Prozeß dar, bei dem Sorbens und Sorbat nicht wieder mit physikalischen Methoden getrennt werden können.

5) **Desorption**, das Abtrennen der sorbierten Komponenten vom Sorptionsmittel, d. h. die *Regenerierung* des Sorbens. Bei der Desorption absorbiert Gase wird ein Inertgasstrom verwendet. Das gelöste Gas geht aus der Lösung in das inerte Gas über. Auch durch Verdampfen der Lösung (Auskochen) oder durch Anwendung von Vakuum kann das Austreiben der gelösten Komponenten erfolgen. Meist werden die genannten Verfahren kombiniert. Die Desorption besitzt besondere Bedeutung bei der Chromatographie zur fraktionierten Trennung von Stoffgemischen.

Lit. Bratzler: Adsorption von Gasen und Dämpfen in Laboratorium und Technik (Dresden u. Leipzig 1944); Grießbach: Austauschadsorption in Theorie und Praxis (Berlin 1957); Roginski: Adsorption und Katalyse an inhomogenen Oberflächen (dtsch. Berlin 1958); Thormann: Adsorption (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959); → Verfahrenstechnik.

Sorptionspumpen, → Vakuumpumpe.

Sortieren, mechanisches Verfahren zum Trennen eines Feststoffgemisches nach bestimmten physikalischen Eigenschaften, z. B. Dichte (Dichtesortierung), Suszeptibilität (magnetische Sortierung), Grenzflächeneigenschaften (→ Flotation), um die Anteile mit bestimmten Stoffeigenschaften anzureichern. Das Trennen nach der Korngröße bezeichnet man als → Klassieren.

SOS, Funk- oder Lichtsignalanspruch von in Seenot befindlichen Schiffen oder Flugzeugen auf dem Wasser. Er besteht aus den leicht zu gebenden und auffallenden Morsezeichen der drei Buchstaben (·····) und wurde 1912 an Stelle des bis dahin üblichen CQD international eingeführt. Weiteres → Notsignal.

Souplieren, teilweises Entbasten von Naturseide.

Sowpren, → Elaste, Übers.

Soxhlet (Abb.), kontinuierlich arbeitender Extraktionsapparat. In einem Kolben wird das Lösungsmittel verdampft, der Dampf kondensiert im Rückflußkühler und tropft auf das Extraktionsgut. Dabei wird die zu extrahierende Substanz herausgelöst. Die Lösung steigt im Extraktionsraum bis zu einer bestimmten Höhe und wird dann automatisch in den Kolben übergehebert, in dem sich die extrahierte Substanz anreichert.

SOZ, Abk. für Straßenoktanzahl, → Oktanzahl. **sozialistische Rekonstruktion**, in der DDR Bezeichnung für die seit 1952 verstärkt durchgeführten Maßnahmen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der sozialistischen Betriebe und Produktion auf der Basis des Höchststandes von Wissenschaft und Technik bei voller Nutzung der schöpferischen Initiative der Werktätigen. Die s.R. hat das Ziel, die rationellste Gestaltung der Produktion zu erreichen. Maßstab für den Erfolg der s.R. sind ihr Nutzeffekt, die Höhe der Arbeitsproduktivität, das technische Niveau der Produktion, die Senkung der Selbstkosten je Erzeugnis und der erreichte Grad der Wirtschaftlichkeit der Betriebe.

Spallation, → Kernreaktionen.

Spaltbarkeit, die Eigenschaft der Kristalle, sich nach einer oder mehreren Ebenen trennen zu lassen. Die S. kann verschiedene Güte haben, z. B. *vollkommen* (Glimmer), *gut* (Zinkblende), *fehlend* (Quarz). Die Trennungsfläche, die immer einer möglichen Kristallfläche parallel geht, heißt **Spaltfläche**, ein nur von Spaltflächen begrenztes Stück **Spaltstück**. Für optische Untersuchungen sind **Spaltstrisse** als kristallographische Richtungen wichtig.

Spalte, **Paraklase**, eine klaffende Fuge im Gestein. Eine S. entsteht unmittelbar bei Erdbeben, Vulkanausbrüchen u. dgl. oder durch Verwitterung oder Auseinanderweichen der Gesteinsschollen aus einer → Kluft. Die Anordnung von S.n sowie die Bezeichnung der verschiedenen S.n entsprechen denen der Klüfte. Die meisten S.n sind mit Gesteinsmaterial gefüllt, das man als Gang bezeichnet. S.n begünstigen die Wasserzirkulation im Untergrund; beim Stollen- und Tunnelbau kann es auf ihnen zu gefährlichen Wassereintrüben kommen.

Spaltmaschine, → Gerberei.

Spaltpolmotor, eine Sonderform einer einphasigen Asynchronmaschine, → elektrische Maschine.

Spaltprodukte, Nuklide mit Massenzahlen zwischen 72 (Zink $^{72}_{30}\text{Zn}$) und 160 (Gadolinium $^{160}_{64}\text{Gd}$), die bei der Kernspaltung entstehen; sie sind meist radioaktiv.

Spaltstoffe, Stoffe, bei denen eine Kernspaltung möglich ist. Die wichtigsten S. sind: natürliches Uran, mit $^{235}_{92}\text{U}$ angereichertes Uran, reines $^{235}_{92}\text{U}$, künstlich im Brutreaktor erzeugtes $^{239}_{94}\text{Pu}$ und Plutonium $^{239}_{94}\text{Pu}$. Die S. $^{235}_{92}\text{U}$, $^{238}_{92}\text{U}$ und $^{239}_{94}\text{Pu}$ können durch Einfang langsamer Neutronen im Kernreaktor, die S. $^{235}_{92}\text{U}$ und $^{238}_{92}\text{U}$ auch durch Einfang schneller Neutronen speziell im schnellen Reaktor oder in Kernwaffen Energie liefern. Auch durch Spaltung anderer schwerer Kerne kann Energie gewonnen werden, allerdings ist die technische Durchführung noch sehr schwierig.

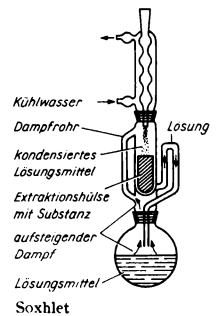
Spaltung, 1) Chemie: → Kracken. 2) Physik: → Kernreaktionen.

Spaltverfahren, svw. → Kracken.

Spanen, → spanende Formung.

spanende Formung, **spanabhebende Formung**, **Spanen**, eine Gruppe von Fertigungsverfahren (→ Trennen) zur Änderung der Werkstückgestalt durch mechanisches Abtrennen kleiner Werkstoffteilchen; ein Begriff der Zerspantechnik (→ Zerspanen). Die s. F. erfolgt mit einschneidigen Werkzeugen (Drehmeißel), mehrschneidigen Werkzeugen (Spiralbohrer) oder vielschneidigen Werkzeugen (Schleifscheibe), und zwar von Hand oder mit Werkzeugmaschinen. Zum Zerspanen einer Werkstoffschicht wird als Relativbewegungen zwischen Werkstück und Werkzeug mindestens eine Schnittbewegung, in der Regel zusätzlich eine oder zwei Vorschubbewegungen ausgeführt. Wichtige Spanungsgrößen sind Schnittgeschwindigkeit, Schnittkraft (die in Richtung der Schnittgeschwindigkeit wirkende Hauptschnittkraft, senkrecht dazu wirken Vorschubkraft und Rückkraft), die auf die Flächeneinheit 1 mm^2 des Spanquerschnitts bezogene spezifische Schnittkraft, die Vorschubgrößen, die Schnitttiefe, die Güte und Standzeit des Werkzeugs, der Werkstückstoff, die Spannung und Stabilität des Werkstücks, die Kühlung des Werkzeugs und das richtige Abführen der entstehenden Späne. Verfahren der s.n. F. sind Drehen, Bohren, Senken, Reiben, Hobeln, Stoßen, Räumen, Fräsen, Sägen, Meißeln, Feilen, Schaben, Schleifen, Ziehschleifen, Läppen, Polieren, Strahlstäben, Stoßläppen.

Das grobe Vorarbeiten nach einem dieser Verfahren nennt man **Schruppen**, die auf Maßhaltigkeit und Oberflächengüte zielende meist nachfolgende Bearbeitung wird als **Schlichten** bezeichnet.



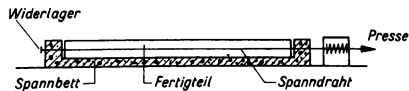
Die Späne unterscheidet man grob in *Bröckelspäne* (z. B. bei der s.n. F. von Gußeisen), *Reißspäne* (ein tiefer Einriß läuft der Schneide voraus, so daß unregelmäßige kurze Späne entstehen), *Scherspäne* (die einzelnen Spannelemente schweißen kalt aneinander; es entstehen kurzbrüchige Späne), *Fließspäne* (zusammenhängende Spannbänder mit einer glatten und einer rauen Seite; sie stellen bei großen Schnittgeschwindigkeiten eine Unfallgefahr dar, die man durch Spanbrecher oder Spanleitstufen zu beheben sucht).

Lit. → Zerspanen.

spanisches Grün, svw. → Grünspan.

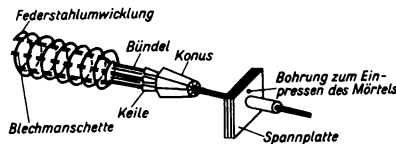
spanlose Formung, Sammelbegriff für alle → Fertigungsverfahren der Gestaltgebung und -veränderung, ausschließlich der spanenden Formung. Der Begriff s. F. wird oft fälschlicherweise nur dem Begriff Umformen oder Umformtechnik gleichgesetzt.

Spannbeton, eine Stahlbetonausführung, bei der die Bewehrungseinlagen auf Biegung beanspruchter Konstruktionsglieder im Brücken-, Hallen- und Geschosbau vorgespannt werden. Man unterscheidet Vorspannung mit unmittelbarem und mit nachträglichem Verbund. a) Bei Vorspannung mit unmittelbarem Verbund (Abb. 1) werden mechanisch oder thermisch vorgespannte Stahldrähte unmittelbar einbetoniert. Nach dem Erhärten des Betons und dem Lösen der Vorspannung geben die Stahldrähte die Vorspannkraft durch die Betonhaftung an den Beton ab. b) Die



1 Spannen des Drahtes vor dem Erhärten des Betons

Vorspannung mit nachträglichem Verbund (Abb. 2) eignet sich für das Zusammenbauen einzelner kleinerer Stahlbetonelemente zu großen Einheiten (z. B. für weitgespannte Fachwerkträger oder Balken) bei Anwendung im Montagebau. Stahldrähte werden gebündelt und in Spannglieder eingeklemmt. Die Bündel zieht man in Blech- oder Kunststoffhüllen ein, die bei der Vorfertigung in die Zugzone der einzelnen Konstruktionsteile einbetoniert werden, spannt dann die Drahtbündel mit hydraulischen Pressen und verkeilt sie in Spanngliedern. Danach wird der freigebiebene Hohlraum in der Hülle mit Zementmörtel ausgepreßt. Nach dem Erhärten des



2 Spannen des Drahtbündels mittels Spannglieds

Zementmörtels löst man die hydraulischen Pressen, und die einzelnen Teile werden durch die mit dem Drahtbündel verkeilten Spanplatten zusammengespant. Dadurch erreicht man eine Verbundwirkung im gesamten auf Biegung beanspruchten Betonquerschnitt.

Lit. Ermer u. Schulze: Vom Stahlbeton zum S. (Berlin 1962); Herberg: Spannbetonbau (2 Tle, 2. Aufl. Leipzig 1960 bis 1962); → Beton, → Stahlbeton.

Spannen, in der Fertigungstechnik das kraft- oder formschlüssige Befestigen eines Werkstückes (→ Werkstückspanner) oder Werkzeuges während eines Fertigungsverfahrens (→ Werkzeugspanner).

Spannfutter, eine Einspannvorrichtung bei spanenden Werkzeugmaschinen, z. B. das Dreibenkenfutter bei Drehmaschinen.

Spanngitterröhre, eine moderne Elektronenröhre völlig aus Glas, bei der ein oder mehrere

Gitter, vorwiegend das Steuergitter, als Spanngitter ausgeführt sind. Ein Spanngitter besteht aus einem kleinen Molybdänrähmchen, auf das unter hoher Zugspannung z. B. ein 8 µm starker Wolframdraht aufgewickelt und verlötet wird. Die Verwendung von Spanngittern gestattet, Elektronenröhren vor allem mit kleinen Gitter-Katodenabständen bei geringen Toleranzen aufzubauen, so daß sich bei s.n. die Steilheit erhöht und der Einfluß der Elektronenlaufzeit im Steuerraum sinkt. Verwendet werden s.n. in Fernsehempfängern und elektronischen Meßgeräten.

Spannhülse, ein Maschinenelement zur kraftschlüssigen Verbindung von Welle und Nabe. Ein in Längsrichtung geschlitzter Drehkörper mit zylindrischer Bohrung und kegeligem Mantel wird mittels Gewinde in die kegelige Bohrung der Nabe gezogen und durch die Keilwirkung auf die Welle gepreßt. Anwendung hauptsächlich beim Einbau von Wälzlagern mit kegeligem Innenring.

Spannrollenrieb, → Riementrieb.

Spannpapp, ein Fußbodenbelag aus einer aufgeklebten, mehrere mm dicken, weichen, dämmenden Unterlage aus Filz o. dgl. und einem — ohne Verbindung mit ihr — darüber gespannten Plastbelag. S.e. weisen eine gute Wärme- und Schalldämmung auf.

Spannung, 1) Mechanik: die bei Belastung eines (elastischen) Körpers auf die Flächeneinheit seines Querschnitts wirkende Kraft. Je nachdem, ob der Körper auf Zug, Druck, Abscheren, Biegen, Knicken oder Verdrehen beansprucht wird, spricht man von Zug-, Druck-, Scher-, Biege-, Knick- und Verdrehspannung. Die senkrecht (normal) zum beanspruchten Querschnitt angreifende Zug-, Druck-, Knick- und Biegespannung bezeichnet man als **Normalspannung** σ . Die tangential zum Querschnitt wirkende Scher- und Verdrehspannung, die die Stoffteilchen gegeneinander zu verschieben suchen, faßt man unter dem Begriff **Schub- oder Tangentialspannung** τ zusammen. Greift die belastende Kraft schief zum Querschnitt an, so besteht sie aus einer Normalspannung und einer Schubspannung. Die S., bei der ein Körper zu Bruch geht, wenn er durch eine der genannten Kräfte beansprucht wird, bezeichnet man als **Bruchspannung**. In der Festigkeitslehre bestimmt man die S. rechnerisch als Quotient aus äußerer Einwirkung (Kraft) und Querschnittgröße (**Nennspannung**). In vielen Bauteilen überschreitet die auftretende wirkliche S. die Nennspannung jedoch beträchtlich (→ Kerbwirkung). Diejenige S., bis zu der ein Körper belastet werden darf, bezeichnet man als **zulässige S.** σ_{zul} . Die Maßeinheit für alle S.en ist meist kp mm^{-2} oder auch kp cm^{-2} . Weiteres → Spannungszustand, → Zugversuch, → Oberflächenspannung.

2) Elektrizitätslehre: → elektrische Spannung.

Spannungsabfall, die beim Fließen eines → elektrischen Stroms zwischen zwei Punkten eines Stromkreises auftretende → elektrische Spannung. Der s. ist der elektromotorischen Kraft (EMK) entgegengerichtet. Er tritt auf an Ohmschen Widerständen, an Drosselspulen und Kondensatoren. Bei sinusförmigem Strom wird der s. über einem Ohmschen Widerstand nach der Formel $u = i \cdot R$ errechnet, der über einer Drosselspule nach $u = j\omega L \cdot i$ und der über einem Kondensator nach $u = -j \frac{1}{\omega C} \cdot i$ (→ Wechselstromwiderstand), wobei u = komplexer Wert der Spannung, i = komplexer Wert des Stroms, R = Ohmscher Widerstand, j = komplexer Operator, ωL = Induktanz, $\frac{1}{\omega C}$ = Kondensanz. Der Gesamtspannungsabfall ergibt

sich durch komplexe Addition der Teilspannungsabfälle.

Spannungs-Dehnungs-Diagramm, → Zugversuch.

Spannungsdoppelbrechung, eine Doppelbrechung bei normalerweise optisch isotropen, durchsichtigen Körpern infolge mechanischer Spannungen (Druck oder Zug). Die S. ist im allgemeinen von geringem Einfluß; sie tritt jedoch verhältnismäßig stark bei rasch abgekühlten Gläsern auf. Um sie bei großen Linsen (z. B. für Fernrohre) zu vermeiden, darf man die Linsen nur sehr langsam, mitunter viele Monate lang, abkühlen. Die S. findet bei den photoelastischen Verfahren (→ Spannungsoptik) Anwendung.

Spannungsmesser, Voltmeter, ein elektrisches Meßinstrument zur Messung der elektrischen Spannung. Ein S. wird stets dem Element parallel geschaltet, dessen Spannung man messen will (im Gegensatz zum → Strommesser). Damit das Einfügen des S.s in die Schaltung die zu messende Spannung nicht verringert, muß sein innerer Widerstand sehr groß gegen den Gesamtwiderstand der Schaltung zwischen den Anschlußpunkten sein. Der Meßbereich eines S.s kann durch Reihenschaltung eines Widerstandes vergrößert werden, jedoch wird bei n-facher Erweiterung auch die n-fache Leistung für das Meßinstrument mit Reihewiderstand benötigt. Bei Wechselstrom ist es möglich, mit Spannungswandlern (→ Transformator) den Meßbereich zu vergrößern, ohne daß zusätzliche Leistungen benötigt werden. Das → Elektrometer ist der einzige S., bei dem der Ausschlag direkt von der Spannung abhängt. Alle anderen Meßinstrumente messen die Spannung über den Strom, der infolge des konstanten Innenwiderstandes des Instrumentes der anliegenden Spannung proportional ist.

Die wichtigsten S. sind: → Drehspulinstrument und → Drehmagnetinstrument für Gleichspannungsmessungen und → Dreheiseninstrument, → Elektrometer und → Elektrodynamometer für Gleich- und Wechselspannungsmessungen. Nur für Wechselspannungsmessungen eignen sich → Gleichrichter-Meßinstrumente. Bei hohen Frequenzen werden vorwiegend → elektronische Spannungsmesser eingesetzt.

Spannungsoptik, die Lehre von den Verfahren, bei denen man an Modellen aus durchsichtigem Material mit Hilfe der Spannungsdoppelbrechung unbekannte Spannungszustände bestimmt (**spannungsoptische oder photoelastische Verfahren**). Aus Kunstharz (Plexiglas oder Phenol-Formaldehyd-Kunstharz) werden maßstäbliche Modelle der zu untersuchenden Maschinenteile, Werkstücke oder Brückenträger angefertigt und in einer spannungsoptischen Apparatur (→ Spannungsprüfer) den erforderlichen technischen Belastungen (Druck, Zug, Biegung, Scherung, Verdrehung) unterworfen. Infolge der dadurch ent-

stehenden Verformung wird das Modellmaterial doppelbrechend (Spannungsdoppelbrechung). Im einfachsten Fall besteht die Apparatur aus einem Lampenkasten mit Opalglasscheibe, zwei großen Polarisationsfiltern (Polarisator und Analysator), zwischen denen sich das Modell befindet, und einer photographischen Kamera. Die Anordnung entspricht im Prinzip der Untersuchung von doppelbrechenden Kristallen im Polarisationsmikroskop. Die Polarisationsfilter befinden sich in gekreuzter Stellung, infolgedessen erscheinen — vom Ort der Kamera aus gesehen — das nicht belastete Modell und der Hintergrund außerhalb des Modells dunkel. Bei Belastung wird das vom Polarisator kommende, linear polarisierte Licht beim Eintritt in das Modellmaterial in zwei zueinander senkrecht schwingende Komponenten zerlegt, die nach dem Verlassen einen Gangunterschied besitzen, der von der Größe der inneren Spannungen und der Dicke der durchstrahlten Schicht abhängt. Ist der Gangunterschied $\Delta = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$, so entspricht das dem ursprünglichen Polarisationszustand $\Delta = 0$, d. h., das Licht wird vom Analysator ausgelöscht; für alle übrigen Werte Δ , d. h. wenn Δ kein ganzzahliges Vielfaches von λ ist, ergibt sich eine Aufhellung. Man beobachtet infolgedessen ein aufgehelltes Modell, das von dunklen (bzw. farbigen, je nachdem, ob monochromatisches oder weißes Licht verwendet wird) Linien durchzogen ist, die die Orte gleicher Spannungszustände miteinander verbinden (Isochromaten 0, 1, 2, 3, ... Ordnung). Bei genügend großen Polarisationsfolien kann man das Modell mit dem Auge betrachten, oder es wird mit einer Kamera mit langer Brennweite photographiert. Bei Verwendung kleiner Polarisatoren benötigt man zur Apparatur zusätzlich Linsen oder Hohlspiegel. Die spannungsoptischen Verfahren sind ein sehr wichtiges Hilfsmittel für die rasche Feststellung mechanischer Spannungen. Mit Hilfe der S. lassen sich auch Untersuchungen mittels Zeitlupenaufnahmen bei plötzlichen Beanspruchungen (Stoß oder Schlag) durchführen.

Lit. Föppl u. Mönch: Praktische S. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950); Kuske: Verfahren der S. (Düsseldorf 1951).

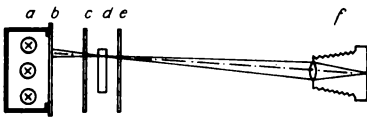
Spannungsprüfer, 1) **elektrischer S.**, ein einfaches Instrument, das grob zu prüfen gestattet, ob an einer Leitung, Steckdose u. a. eine dem Menschen gefährdende Spannung anliegt. Der S. ist meist in einen Isolierschraubenzieher eingebaut und enthält eine Glühlampe, die aufleuchtet, wenn die Schraubenzieherspitze ein gegen Erde spannungsführendes Teil berührt. Da die Glühlampe bei Spannungen unter etwa 70 Volt nicht aufleuchtet, ist kein absoluter Unfallschutz gegeben.

2) **optischer S.**, eine Einrichtung zum Sichtbarmachen innerer Spannungen in durchsichtigen Stoffen, z. B. in optischen und technischen Gläsern, mit Hilfe linear polarisierten Lichtes (→ Spannungsoptik). Die Spannungen entstehen durch ungleichmäßige Abkühlung oder durch Einwirken äußerer Kräfte und bewirken eine Doppelbrechung des Lichts (Spannungsdoppelbrechung).

Spannungsregelröhre, ein → Stabilisator.

Spannungsregelung, das Vergleichen der elektrischen Spannung als Regelgröße mit einem Sollwert durch laufende Messung und das Anpassen an den Sollwert durch einen Regler. Zum Beispiel soll eine Spannung unabhängig von der Belastung konstant gehalten werden (S. bei Generatoren in Kraftwerken, bei Transformatoren in Umspannwerken, bei Stromversorgungsgeräten in der Schwachstromtechnik).

Spannungsreihe, 1) **elektrochemische S.**, die Anordnung der Elemente, insbesondere der Metalle, nach der Größe der Potentialdifferenzen, die sich an der Phasengrenze zwischen diesen Elementen und den aktiven Lösungen ihrer Ionen einstellen. Da diese Potentialdifferenzen einer direkten Messung unzugänglich sind, mißt man die Spannungsdifferenz des Systems gegenüber einer Bezugselektrode (Abb.). Wählt man als Bezugselektrode die Normalwasserstoffelektrode, für die willkürlich das Potential 0 festgesetzt

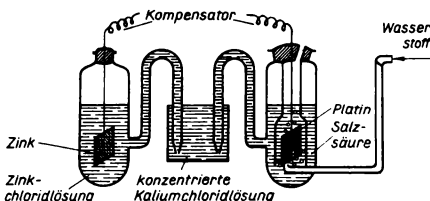


Spannungsoptische Apparatur. a Lampenkasten, b Opalglasscheibe, c Polarisator, d Modell, e Analysator, f Kamera

stehenden Verformung wird das Modellmaterial doppelbrechend (Spannungsdoppelbrechung). Im einfachsten Fall besteht die Apparatur aus einem Lampenkasten mit Opalglasscheibe, zwei großen Polarisationsfiltern (Polarisator und Analysator), zwischen denen sich das Modell befindet, und einer photographischen Kamera. Die Anordnung entspricht im Prinzip der Untersuchung von doppelbrechenden Kristallen im Polarisationsmikro-

wurde, so erhält man das Normalpotential E_0 des betreffenden Elementes.

Ordnet man die Normalpotentiale der Metalle in eine Reihe ein, in der oben die Metalle mit dem größten negativen und unten die mit dem größten positiven Potential stehen, so erhält man die



Bestimmung des relativen Elektrodenpotentials eines Halbelements (hier Zn/ZnCl_2). Vergleich mit einer Wasserstoffelektrode

elektrochemische S. Das höher stehende (negativere) Metall gibt stets Elektronen an das niedriger stehende (positivere) ab. Je negativer das Normalpotential eines Metalls ist, desto unedler ist das Metall, um so schneller oxydiert es sich, um so stärker wirkt es als Reduktionsmittel und um so rascher und heftiger reagiert es auch mit Wasser und Säuren unter Wasserstoffentwicklung. Theoretisch müßten alle oberhalb von H_2 stehenden Elemente mit Wasser unter Wasserstoffentwicklung reagieren. Bei einem Teil der betreffenden Elemente kommt diese Reaktion jedoch bald infolge der Bildung schützender unlöslicher Oxidschichten oder auf Grund der Überspannung des sich entwickelnden Wasserstoffs zum Stillstand. Umgekehrt sind die Ionen von Metallen mit positivem Normalpotential leicht reduzierbar und wirken als Oxydationsmittel.

Die Differenz zweier Normalpotentiale gibt die in dem betreffenden galvanischen Element

Spannungsreihe der Metalle

Metall	n-fach positives Metallion	Normalpotential [in V] bei 25 °C
Li	Li^+	-2,96
K	K^+	-2,92
Ca	Ca^{2+}	-2,76
Na	Na^+	-2,71
Mg	Mg^{2+}	-2,34
Al	Al^{3+}	-1,33
Mn	Mn^{2+}	-1,10
Zn	Zn^{2+}	-0,76
Cr	Cr^{3+}	-0,51
Fe	Fe^{2+}	-0,44
Cd	Cd^{2+}	-0,40
Co	Co^{2+}	-0,28
Ni	Ni^{2+}	-0,23
Sn	Sn^{2+}	-0,12
Pb	Pb^{2+}	-0,12
H_2	2H^+	$\pm 0,00$
Cu	Cu^{2+}	+0,35
Ag	Ag^+	+0,79
Hg	Hg^{2+}	+0,85
Au	Au^{3+}	+1,36
Pt	Pt^{2+}	+1,60

Spannungsreihe der Nichtmetalle

n-fach negatives Nichtmetallion	Nichtmetall	Normalpotential [in V] bei 25 °C
S^{2-}	S (fest)	-0,51
4OH^-	$2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 (1 \text{ atm})$	+0,40
2J^-	$\text{J}_2 (\text{fest})$	+0,54
2Br^-	$\text{Br}_2 (\text{flüssig})$	+1,07
2Cl^-	$\text{Cl}_2 (\text{gasförmig}, 1 \text{ atm})$	+1,36
2F^-	$\text{F}_2 (\text{gasförmig}, 1 \text{ atm})$	+2,85

zu erwartende Spannung (bei gleicher Ionenaktivität) an, z. B. beim Daniell-Element: $E_{\text{Cu}} - E_{\text{Zn}} = 0,35 - (-0,76) = 1,11 \text{ V}$.

Wie für die Metalle kann man auch für die Nichtmetalle eine S. aufstellen. Hier stellen jedoch die Ionen die reduzierte Stufe dar und wirken z. T. als Reduktionsmittel.

2) elektrische S., → Berührungsspannung.

3) thermoelektrische S., die Reihe der Elemente Sc, Sb, Fe, Sn, Cu, Ag, Au, Zn, Pb, Hg, Pt, Ni, Bi. Bildet man aus zwei Metallen dieser Reihe ein Thermoelement, so erhält dasjenige Metall bei Erwärmung der Lötstelle positive Spannung, das in der Reihe vorangeht, das andere negative Spannung (→ Thermoelektrizität).

4) Als reibungselektrische S. bezeichnet man mitunter die Reihe der Stoffe Pelz, Glas, Wolle, Seide, Metalle, Bernstein, Hartgummi, Schwefel, Amalgam, Kolloidum. Reibt man zwei der Stoffe aneinander, so ist der Stoff positiv, der in der Reihe vorangeht.

Spannungssucher, svw. → Spannungsprüfer.

Spannungsteiler, ein mit wenigstens einem festen oder beweglichen Abgriff versehener Zweig eines elektrischen Stromkreises zur Abnahme von Teilspannungen. Man unterscheidet nach der Art der verwendeten Schaltelemente Ohmsche, induktive, kapazitive und gemischte S. Ein einstellbarer Ohmscher S. ist das → Potentiometer.

Spannungswaage, eine Waage zur Spannungsmessung. Sie besteht aus einem Waagebalken, an dessen einem Ende eine Waagschale und an dessen anderem die eine Platte eines Kondensators befestigt ist. Legt man an den Kondensator eine Spannung, so ziehen sich seine beiden Platten auf Grund des Coulombschen Gesetzes an. Man legt nun so viel Wägestücke auf die Waagschale, bis das Gleichgewicht erreicht ist, und kann dann aus der Belastung die Spannung errechnen.

Spannungswandler, ein → Transformator für Meßzwecke.

Spannungswelle, eine sinusförmige Verteilung von Spannungszuständen auf einer Leitung. Diese Verteilung verschiebt sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit, z. B. läuft der Zustand „Null“ entlang der Leitung. Entsprechendes geschieht mit dem Strom, man spricht dann von einer Stromwelle.

Spannungszustand, die in einem Körper unter bestimmter Belastung bzw. Formänderung vorhandenen Normal- und Schubspannungen. Der allgemeine räumliche S. wird durch 3 Normalspannungen ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$) und 3 Schubspannungen ($\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$) festgelegt. In jedem Punkt des Körpers gibt es 3 ausgezeichnete Richtungen, die Hauptachsen, in denen die Normalspannungen $\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}$, die Hauptnormalspannungen, Extremwerte annehmen. In den dazu senkrechten Ebenen verschwinden die Schubspannungen.

Ein ebener S. liegt vor, wenn die Normalspannung in einer Koordinatenrichtung und die in der dazu senkrechten Ebene liegenden Schubspannungen für den ganzen Körper identisch verschwinden. Der ebene S. ist durch Angabe von $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ vollständig bestimmt. Mit Hilfe des Mohrschen Spannungskreises kann ein für bestimmte Achsen x, y gegebener S. auf beliebige, um den Winkel α gedrehte Achsen ξ, η transformiert werden. Für die Hauptspannungen

$$\sigma_I, \sigma_{II} \text{ gilt dann } \sigma_{I,II} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \text{ und für die Hauptachsen-}$$

richtung $\tan 2\alpha = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_y - \sigma_x}$. Verschwinden für zwei aufeinander senkrechte Achsen die Normal- und Schubspannungen identisch, so liegt ein linearer S. vor.

Spannweite, 1) die seitliche Ausdehnung (quer zur Flugrichtung) des Tragflügels eines Flugzeugs.

2) **Stützweite**, im Bauwesen der Abstand von Auflagermitte zu Auflagermitte einer Tragkonstruktion (Balken, Träger, Binder).

Spannwerk, ein → Sperrgetriebe.

Spannzange, → Werkstückspanner.

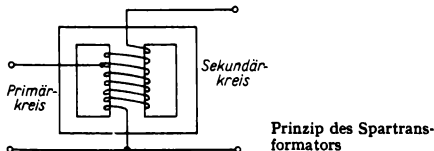
Spanplatten, svw. → Holzspanplatten.

Spant „1) im Schiffbau T-Profil-, Winkel-, Winkelwulst- oder Flachwulststahl, der die Außenhaut eines Schiffes trägt und aussteift. Im Bereich des Maschinenraumschachtes und besonders langer Luken, auf Tank- und Erzfrachtschiffen über die gesamte Länge verteilt, werden **Rahmenspanten**, d. s. widerstandsfähige Blechträger, eingesetzt. Die meisten Schiffe haben an die Bodenwrangen angesetzte **Querspanten**. Großfracht- und -tankschiffe baut man dagegen häufig mit längsschiffs laufenden **Längsspanten** (und zusätzlichen Rahmenspanten). Die S.en von Booten mit HolZRumpf sind im allgemeinen ebenfalls aus Holz.

Als **Hauptspant(ebene)** bezeichnet man die in der größten Breite des Schiffes (meist auf dessen halber Länge) querschiffs gedachte Ebene, die in der Schiffskonstruktion wichtig ist. Über Konstruktionsspanten und Spantenriß → Linienriß.

2) → Flugzeugbau.

Spartransformator, ein → Transformator, bei dem Primär- und Sekundärkreis einen gemeinsamen Wicklungsteil besitzen. S.en sind kleiner, leichter und billiger als normale Transformatoren mit zwei getrennten Wicklungen. Es besteht jedoch keine galvanische Trennung zwischen den beiden Netzen, so daß S.en bei Hochspannung nur für Übersetzungsverhältnisse ausgeführt werden dürfen, die wenig von 1 abweichen. Für Niederspannung verwendet man den S. häufig als → Stelltransformator.



Spate, Minerale ohne Metallglanz mit vollkommener Spaltbarkeit nach zwei oder mehr Richtungen, z. B. Kalkspat.

Spateisenstein, svw. → Siderit.

Speckstein, → Talk.

Speicher, bei → Digitalrechenautomaten ein Bauteil zur Aufbewahrung (Speicherung) von Informationen. Der S. ist unterteilt in **Speicherzellen** von Wortlänge; jede Speicherzelle ist durch eine Adresse gekennzeichnet. Die Anzahl der Wörter, Zeichen oder bits (→ Digitalrechenautomat), die ein S. zu speichern vermag, ist die **Speicherkapazität**; die Zeit, die zwischen Beginn des Aufsuchens der Speicherzelle und Abschluß des Transportes aus der oder in die Speicherzelle vergeht, ist die **Zugriffszeit**. Kapazität, mittlere Zugriffszeit sowie Preis sind die wesentlichsten Merkmale eines S.s.

Da die Verwendung sehr großer S. mit geringer mittlerer Zugriffszeit viel zu kostspielig ist, versieht man einen Digitalrechenautomaten meist mit einem **internen S. (Arbeits-, Hauptspeicher)** von kleiner Zugriffszeit und mittlerer Kapazität (etwa 100 bis 30 000 Wörter) und mit einem oder mehreren **externen S.n (Großraumspeicher)** von mindestens der zwanzigfachen Kapazität und größerer Zugriffszeit. Der Großraumspeicher dient dazu, dem Arbeitsspeicher größere, vorläufig nicht benötigte Datenmengen abzunehmen und benötigte Datenmengen zuzuführen. Für spezielle Zwecke sind meist noch

einige **Schnellspeicherzellen** mit äußerst geringer Zugriffszeit vorhanden.

Für die technische Realisierung der S. nutzt man das bistabile Verhalten verschiedener Substanzen oder Schaltungen aus. Elektronische Kipperschaltungen (Flipflops) ermöglichen einen sehr schnellen Zugriff — etwa 1 μ s (Mikrosekunde) —, sind aber sehr teuer (1 Flipflop je Bit); sie werden daher nur für **Schnellspeicher** verwendet. In fast allen umfangreichen S.n wird die remanente Magnetisierbarkeit ferromagnetischer Substanzen ausgenutzt. Die eine Magnetisierungsrichtung entspricht der binären 0, die andere der binären 1 (→ Binärsystem).

Nach dem Speichermedium unterscheidet man S. mit ruhendem und mit bewegtem Speichermedium.

a) Ein S. mit ruhendem Speichermedium ist der **Kernspeicher**. Bei ihm sind ringförmige Kerne aus magnetischem Material (meist Ferrit) in Matrixform auf Lese- und Schreibleitungen gefädelt. In einer üblichen Größe umfaßt eine Ferritkernmatrix $64 \cdot 64$ Kerne. Ein vollständiger Kernspeicher besteht aus mehreren solchen Matrizen. Jeder Kern speichert ein bit. Häufig sind nicht nur Wörter, sondern sogar die einzelnen Zeichen (von 6 bis 8 bit) adressierbar. Die Kapazitäten existierender Kernspeicher liegen zwischen 10^4 und $2 \cdot 10^7$ bit, die Zugriffszeiten bei einigen μ s. Charakteristischer für den Kernspeicher ist die Zykluszeit, die reichlich doppelt so groß ist wie die Zugriffszeit.

Eine wesentliche Weiterentwicklung der Speichertechnik mit ruhendem Speichermedium ergibt sich durch die Verwendung dünner magnetischer Schichten. Auf geeignetes Trägermaterial aufgedampfte Schichten ferromagnetischen Materials (meist Nickel-Eisen-Legierungen) in der Stärke von einigen 10^{-6} cm bis zu einigen 10^{-4} cm und bestimmter geometrischer Form (z. B. Kreis- oder Rechteckform) erlauben Schaltzeiten von einigen ns (Nanosekunden) für das Umdrehen der Magnetisierungsrichtung. Jeder solche separate Schichtfleck speichert ein bit. Durch matrixförmige Zusammenschaltung dieser Speicherelemente entstehen Speichereinheiten ähnlich den Kernspeichermatrizen. Bisher wurden **Dünnschicht- oder Dünnschichtspeicher** mit etwa 10^6 bit und einer Wort-Zykluszeit von einigen μ s gebaut.

Eine technologisch günstige Variante stellt der **Magnetdrahtspeicher** dar. Auch er ist nach einem ähnlichen Prinzip wie ein Kernspeicher aufgebaut. Eine Schar von parallelen Drähten (z. B. Beryllium-Kupfer-Legierung) mit aufgedampftem Dünnschicht wird von einer Schar von Lese- und Schreibleitungen senkrecht gekreuzt und von ihnen mit einer Windung umfaßt. An diesen Kreuzungstellen wird jeweils ein bit gespeichert. Zur Zeit existieren Magnetdrahtspeicher von einigen 10^6 bit Kapazität und einer Zykluszeit von etwa 1 μ s.

b) S. mit bewegtem Speichermedium. Der **Magnettrommelspeicher** besteht aus einem rotierenden Zylinder, der mit einer magnetisierbaren Schicht belegt ist. Lesen und Schreiben von Information geschieht wie bei allen magnetomotorischen S.n mittels fest montierter Lese- und Schreibköpfe, die von der bewegten Schicht nur wenige hundertstel Millimeter entfernt sind. Durch ihren Anbringungsort sind auf der Trommel informationstragende Spuren festgelegt. Eine Spur enthält mehrere Speicherzellen. Als Arbeitsspeicher verwendete Magnettrommeln haben etwa einen Durchmesser von 10 bis 40 cm, eine Länge von 10 bis 50 cm, eine Drehzahl von 2000 bis 18 000 U/min sowie eine mittlere Zugriffszeit von 1 bis 20 ms und eine Kapazität von 10^5 bis 10^6 bit. Der **Magnetplatten- oder Magnetscheibenspeicher** verwendet als Informationsträger Platten, auf deren Ober- und Unterseiten magnetisierbare Schichten mit konzentrischen

Spuren aufgebracht sind. Die Lese- und Schreibköpfe sind auf beweglichen Zugriffsarmen befestigt, die zwischen die auf einer Achse angeordneten Platten greifen. Bei einer mittleren Zugriffszeit von 0,1 bis 1 s liegen die Kapazitäten zwischen $5 \cdot 10^7$ bis $2 \cdot 10^8$ bit. Beim **Magnetkarten- oder Magnetstreifenspeicher** werden Kunststoffkarten (oft etwa $40 \cdot 10$ cm) mit Magnetschicht verwendet. Die Karten werden z. B. aus einem Magazin mechanisch ausgewählt und pneumatisch auf einen rotierenden Zylinder gezogen. Bisher sind Magnetkartenspeicher bis zu Kapazitäten von einigen 10^8 bit bei mittleren Zugriffszeiten von etwa 0,2 s gebaut worden. Die erwähnten Typen sind **S. mit wahlfreiem Zugriff**, d. h., die Informationen können unabhängig von der Reihenfolge ihrer Speicherung mit Hilfe der Adressen abgefragt werden. Dagegen lassen sich beim **Magnetbandspeicher** die Informationen nur in der von der Einspeicherung festgelegten Reihenfolge entnehmen. Sein Aufbau ähnelt dem eines Magnettongerätes; das Magnetband trägt jedoch bis zu 18 Spuren mit einer Informationsdichte in Längsrichtung von 10 bis 30 bit/mm. Die Bandgeschwindigkeit liegt bei 2 bis 5 m/s, die mittlere Zugriffszeit bei 10 s bis zu einigen Minuten, die maximale Bandlänge bei 500 bis 1600 m. Eine Entwicklung in Richtung wahlfreien Zugriffs stellt der **Mehrfachbandspeicher** dar (z. B. in Form eines Karussellspeichers). Bei ihm sind viele kleinere Magnetbandspulen anwählbar, dadurch verringert sich die mittlere Zugriffszeit auf etwa 1 bis 3 s. Die Kapazität beträgt etwa 10^8 bis 10^9 bit.

Außer dem Magnettrommelspeicher sind die **S. mit bewegtem Speichermedium** typische Großraumspeicher (es existieren aber auch Großraumbandspeicher bis $5 \cdot 10^7$ bit Kapazität und mittlerer Zugriffszeit zwischen 100 und 200 ms). Durch den Anschluß mehrerer Speichereinheiten und die Auswechslung von Speichermagazinen kann die Gesamtkapazität einige 10^{11} bit und mehr erreichen. Die Übertragungen von Informationen zwischen Großraum- und Arbeitspeicher werden blockweise vorgenommen. Zum Ausgleich der Arbeitsgeschwindigkeiten von internen und externen Einheiten können **Zwischenspeicher (Pufferspeicher)** dienen, die die Informationen so lange aufbewahren, bis die andere Einheit zur Aufnahme bereit ist.

Zur Speicherung von universellen Konstanten, festen Programmen, Wörtern eines Lexikons und dgl. können **Festspeicher** oder **Totspeicher** verwendet werden, in die nach ihrer Fixierung nichts mehr hineingeschrieben, aus denen aber stets gelesen werden kann. Solche **S.** sind z. B. speziell ausgelegte Kernspeicher, photoskopische **S.** (z. B. Mikrofilme), in gewissem Sinne auch Lochkarten und Lochstreifen.

Speicherofen, ein Ofen zur Raumheizung, in dem die Wärme schnell erzeugt wird, dann in einer großen Speichermasse (meist Keramik) gespeichert und über einen längeren Zeitraum abgegeben wird, z. B. der Kachelofen (\rightarrow Heizung). Der **elektrische S.** ist ein Ofen mit großen keramischen Speichermassen, die durch elektrische Heizelemente mit billigem Nachtstrom erhitzt werden und durch Regelung von Luftklappen diese Wärme tagsüber wieder abgeben.

Speicherröhre, eine spezielle Elektronenstrahlröhre, die eine Information aufnehmen und während einer bestimmten Zeit für ein oder mehrere Ablesungen bereithalten kann. Je nach Ausführungsform der **S.** ist es möglich, optische Bilder (z. B. bei den **Bildspeicherröhren**), Leuchtschirmbilder (z. B. bei den **Sichtspeicherröhren**) und elektrische Signale (z. B. bei den **Signalspeicherröhren**) auf der Oberfläche einer Speicherplatte, die aus einer isolierenden oder halbleitenden Schicht besteht, in Form einer

Ladungsverteilung (Ladungsbild) zu speichern. Durch Abtasten der Ladungsverteilung erhält man bei den Signal- und Bildspeicherröhren eine der gespeicherten Information proportionale elektrische Signalfolge oder bei den Sichtspeicherröhren ein Leuchtschirmbild.

Speichertriebfahrzeug, ein elektrisch angetriebenes Schienenfahrzeug, das seine Energie aus mitgeführten Akkumulatoren entnimmt. S.e., als Lokomotive oder Triebwagen ausgeführt, sind unabhängig von Fahrleitungen freizügig einsetzbar. Ihr Aktionsradius wird durch die Batteriekapazität und durch die Abhängigkeit von Ladestellen begrenzt. Die Akkumulatoren werden nachts (besonders wirtschaftlich wegen niedriger Nachttarife) oder in Betriebspausen (Schnellladung) aufgeladen, bei durchgehendem Betrieb ist auch Batterietausch möglich. Die Verwendung der Impulssteuerung mittels Thyristoren erlaubt verlustfreies Anfahren und Energierückspeisung beim Bremsen (Nutzbremsung). S.e. sind geräuscharm und abgasfrei.

Die Entwicklung der Brennstoffzellen läßt erwarten, daß S.e. in absehbarer Zeit damit ausgerüstet werden können.

Speigatt n, eine Öffnung im Schanzkleid oder in der Bordwand eines Schiffes (am Ende einer Rohrleitung), durch die übergekommenes Seewasser, Regen- und Reinschiffwasser nach außenbord fließen können.

Speisewasser, das für die Füllung von \rightarrow Dampfkesseln mechanisch, chemisch oder physikalisch aufbereitete und vorgewärmte Wasser, das durch die **Speisewasserpumpe** in den Kessel gedrückt wird.

Lit. Freier: Kesselspeisewasser — Kühlwasser (Berlin 1963); Splittingber: Wasseraufbereitung im Dampfkesselbetrieb (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954).

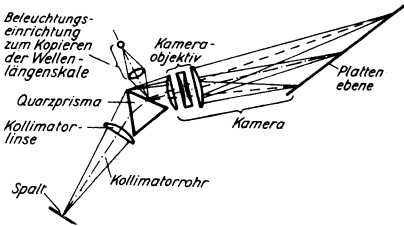
Speiskobalt, swv. \rightarrow Smaltin.

Spektralanalyse, die Auswertung eines Spektrums zur Lösung analytischer Probleme. Die Spektren werden im allgemeinen entweder in Emission oder in Absorption beobachtet. Bei der Untersuchung in Emission werden die betreffenden Stoffe in einer Flamme, einem Kohlelichtbogen oder einer Funkenentladung zum Leuchten angeregt. Die Spektren werden in Spektralapparaturen untersucht. Die Absorptionsspektralanalyse wird vorwiegend zur Untersuchung organischer Stoffe angewandt. Dabei wird der sich in Lösung befindliche Stoff in den Strahlengang einer geeichten Lichtquelle mit kontinuierlichem Spektrum gebracht. Die gelöste Substanz absorbiert bestimmte Linien oder Banden des kontinuierlichen Spektrums verschieden stark.

Bei der **qualitativen S.** werden die beobachteten Spektren mit den Spektren bekannter Stoffe verglichen. Enthält das Spektrum der zu untersuchenden Substanz alle Linien oder Banden einer Vergleichssubstanz in gleichem Intensitätsverhältnis, so gilt das Vorliegen dieser Substanz in der untersuchten Probe als sicher. Für die **quantitative S.** wird bei Absorptionsspektren die Menge der betreffenden Substanz entweder mittels einfacher, aber zeitraubender Eichverfahren oder besser mit Hilfe des Lambert-Beerschen Gesetzes $E = \ln I_0/I = \epsilon \cdot c \cdot d$ bestimmt, wobei E = Extinktion, I_0 = eingestrahlte Lichtenergie, I = durchgelassene Lichtenergie, ϵ = molarer Extinktionskoeffizient, c = Konzentration, d = Schichtdicke. Zur Auswertung der Emissionsspektren ist die Aufnahme einer Schwärzungskurve notwendig.

— Die **S.** spielt eine große Rolle in Chemie, Materialprüfung und Astronomie, da durch sie geringste Spuren von Elementen feststellbar sind. **Spektralapparate**, Geräte, die elektromagnetische Strahlung (Licht) nach Frequenzen f oder Wellenlängen λ zerlegen. Die Hauptteile eines Spektralapparates sind die Strahlungsquelle,

der Monochromator, in dem die Zerlegung des Lichtes stattfindet, und ein Empfangsinstrument für die Strahlung. Wird das Spektrum mit Hilfe einer Photoplatte registriert, bezeichnet man die S. als **Spektrographen**. Ist dagegen nur eine visuelle Beobachtung möglich, heißen die S. **Spektroskope**. Von **Spektrometern** spricht man, wenn die Intensität der Strahlung direkt registriert wird.



Strahlengang im Quarzspektrographen

Je nach der Art der Monochromatoren werden die S. in Prismen-, Gitter- und Interferenzspektrographen unterteilt. In **Prismenspektrographen** wird Licht mit Hilfe von Prismen zerlegt. Das zu untersuchende Licht fällt durch einen Spalt in das Spaltrohr (Kollimatorrohr), an dessen Ende durch die Kollimatorlinse ein paralleles Lichtbündel erzeugt wird. Dieses wird beim Durchgang durch das Prisma spektral zerlegt, d. h., die Strahlen verschiedener Farben verlassen das Prisma (infolge der \rightarrow Dispersion) in verschiedenen Richtungen, so daß man das Auftreten der unterschiedlich frequenten Strahlung getrennt registrieren kann. Die Wahl des Prismenmaterials (Glas, Quarz, Kochsalz u. a.) ist von dessen Durchlässigkeits- und Auflösungseigenschaften im benötigten Spektralbereich abhängig. Diese S. zeichnen sich durch große Leuchtkraft aus. Die **Gitterspektrographen** verwenden zur Lichtzerlegung ein Beugungsgitter. Sie zeigen ein größeres Auflösungsvermögen, aber eine geringere Leuchtkraft als Prismenspektrographen. Bei den **Interferenzspektrographen** (**Interferometer**) dient Mehrfachreflexion für die Zerlegung des Lichts. Diese S. liefern besonders hohe Auflösungen.

Der nutzbare Wellenlängenbereich oder das Dispersionsgebiet eines Spektralapparates ist das Gebiet, in dem der Spektralapparat ohne Störungen benutzt werden kann. Das Auflösungsvermögen eines Spektralapparates ist durch zwei Frequenzen bestimmt, die gerade noch voneinander getrennt werden können.

Je größer das Dispersionsgebiet ist, um so kleiner ist das Auflösungsvermögen, und umgekehrt.

Spektralfarben, \rightarrow Farbe.

Spektralklassifikation, die Einordnung der Sterne in bestimmte Klassen (Typen) nach der Struktur ihrer Spektren. Diese bestehen aus zwei Komponenten, einem kontinuierlichen Spektrum, das im wesentlichen die mittlere Oberflächentemperatur des Sternes charakterisiert, und einem Linienspektrum (meist Absorptionslinien), das vom Ionisationsgrad und folglich außer von der Temperatur auch von der Dichte der Gase in den Sternatmosphären abhängt. Die Spektralklasse (Spektraltyp) wird nach dem Intensitätsverhältnis bestimmter Linien definiert. Die Hauptfolge der **Spektralklassen** von den heißen (frühen) zu den kühlen (späten) Typen wird durch die Buchstaben O, B, A, F, G, K, M bezeichnet. Diese Folge ist zugleich eine Folge abnehmender Temperatur von etwa 30000 bis 2500 °K. Die Abhängigkeit der Spektrallinien von der Dichte bzw. der wirksamen Schwerebeschleunigung wird charakterisiert durch die weitere Angabe einer **Leuchtkraftklasse**. Man unterscheidet

5 Leuchtkraftklassen: I Überriesen (Ia helle und Ib schwächere), II helle Riesen, III normale Riesen, IV Unterriesen, V Zwerge, also Hauptreihensterne. Diese Folge ist eine Folge zunehmender Dichte.

Spektrallampe, eine \rightarrow Metaldampf Lampe.

Spektrallinien, die voneinander scharf getrennten Linien eines Linien- oder Bandenspektrums (\rightarrow Spektrum). Die S. des Linienspektrums sind im wesentlichen monochromatisch, d. h. überdecken jeweils nur ein sehr schmales Frequenzband, während die Bandenspektren von Molekülen aus sehr vielen dicht aufeinander folgenden S. bestehen.

Spektralphotometer, ein Meßgerät, das aus einem Spektralapparat und einem Photometer besteht und so außer einer Wellenlängen- (bzw. Frequenz-) Messung auch eine Intensitätsmessung gestattet. Man unterscheidet zwischen **visuellen S.n.**, bei denen das Auge als Strahlungsempfänger dient, und den (heute fast ausschließlich verwendeten) **physikalischen S.n.**, bei denen das Auge durch einen physikalischen Strahlungsempfänger ersetzt ist. Als Strahlungsempfänger werden z. B. Thermoelemente, Photozellen oder Photoelemente oder Sekundärelektronenvervielfacher verwendet. Besonders große Bedeutung haben die **Ultrarotspektrophotometer** gewonnen.

Spektralserie, \rightarrow Wasserstoffspektrum.

Spektrograph, \rightarrow Spektralapparate.

Spektroheliograph, ein \rightarrow astronomisches Instrument.

Spektrohelioskop, ein \rightarrow astronomisches Instrument.

Spektrometer, \rightarrow Spektralapparate.

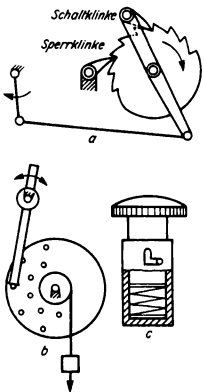
Spektrometrie, svw. \rightarrow Spektroskopie.

Spektroskop, \rightarrow Spektralapparate.

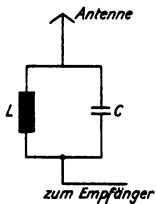
Spektroskopie, **Spektrometrie**, der Wissenschaftszweig, der sich mit dem Verhalten von Teilchen verschiedener Art (z. B. Ionen, Atome, Moleküle) gegenüber elektromagnetischer Strahlung beschäftigt. Der Wert der S. beruht auf dem unterschiedlichen Verhalten, das ungleiche Atome und Moleküle oder gleiche Atome und Moleküle in verschiedenen Umgebungen oder Zuständen gegenüber elektromagnetischer Strahlung haben und das in weitem Maße zu analytischen Zwecken (\rightarrow Spektralanalyse) herangezogen werden kann. Dabei gilt stets die für die S. fundamentale Gleichung $\Delta E = hf$, wobei ΔE = Energie, h = Plancksches Wirkungsquantum, f = Frequenz. Sie charakterisiert den Zusammenhang zwischen den Energiestufen der untersuchten Substanz und der Frequenz der Strahlung. Die Aufzeichnung der Intensität dieser elektromagnetischen Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge oder der Frequenz bezeichnet man als \rightarrow Spektrum. Die zur S. benutzten Geräte heißen \rightarrow Spektralapparate.

Die S. kann wie folgt eingeteilt werden: 1) nach den **Wellenlängen- oder Frequenzbereichen**: a) die Kernresonanzabsorption (\rightarrow Mößbauer-Effekt), b) die \rightarrow Röntgenspektroskopie, c) die \rightarrow Ultraviolett-spektroskopie, d) die S. im sichtbaren Licht, e) die \rightarrow Infrarotspektroskopie, f) die \rightarrow Mikrowellenspektroskopie, g) die Zentimeterwellenspektroskopie. Die Grenzen zwischen diesen Teilgebieten sind nicht immer scharf angebar. Diese einzelnen Gebiete sind teilweise noch weiter unterteilbar; 2) nach der **Energieform**: a) \rightarrow kernmagnetische Resonanz, b) Schwingungsspektroskopie, c) \rightarrow Elektronenspinresonanz; 3) nach der **Untersuchungstechnik**: a) Absorptionsspektroskopie, bei der die Probesubstanz bestimmte Frequenzen von elektromagnetischer Strahlung absorbiert und die durchgelassene Strahlung im Spektralapparat zerlegt wird, b) Emissionsspektroskopie, bei der die von Atomen (seltener von Molekülen) ausgesandte Strahlung analysiert wird, c) Streuspektroskopie (\rightarrow Smeal-Raman-

Spektrum



Sperrgetriebe: a) Schaltwerk mit Zahnrichtgesperre (Klinkenschaltwerk), b) Hemmwerk mit schwingendem seitlichem Sperrer, c) einfaches Spannwerk



Sperrkreis

Effekt), d) Reflexionsspektroskopie, bei der man die vom zu untersuchenden Körper reflektierte Strahlung spektroskopisch analysiert, e) Fluoreszenzspektroskopie, bei der durch Fluoreszenz entstandene Spektren untersucht werden; 4) nach der *untersuchten Substanz*: a) → Kernspektroskopie, b) Atomspektroskopie, c) Molekülspektroskopie; 5) nach der zur Untersuchung *angewandten Apparatur*: a) Prismenspektroskopie, b) Beugungsspektroskopie, c) Interferenzspektroskopie; 6) nach der *Erzeugung* der elektromagnetischen Frequenzen → Hochfrequenzspektroskopie.

Werden die Teilchen nicht hinsichtlich ihrer Frequenzen, sondern nach ihrer Masse untersucht, so spricht man von → Massenspektroskopie.

Lit. Borsdorf u. Scholz: Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie (Berlin 1964); Koinzidenztabelle der Atomspektroskopie (dtsh. Prag 1964); Geppert: Experimentelle Methoden der Molekülspektroskopie (Berlin 1964); Kortüm: Kolorimetrie, Photometrie und Spektrometrie (4. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962); Kössler: Methoden der Infrarotspektroskopie in der chemischen Analyse (2. Aufl. Leipzig 1965).

Spektrum (Tafel 1), im weiteren Sinne die Aufzeichnung einer Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von Eigenschaftswerten. So ist z. B. das **Geschwindigkeitsspektrum** eine Kurve, die die Verteilung von Geschwindigkeiten für eine Anzahl Masseiteilchen angibt, das **Tonpektrum** ist eine Kurve, die die Intensitätsverteilung mehrerer Töne in Abhängigkeit von den Tonfrequenzen beschreibt, das **Massepektrum** ist die Aufzeichnung der Häufigkeit von Masseiteilchen in Abhängigkeit von ihrer Masse. Im engeren Sinne versteht man unter S. die Aufzeichnung der Stärke der Absorption oder Emission elektromagnetischer Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge oder Frequenz. Man kann für die Spektren eine ähnliche Einteilung geben wie für Spektroskopie, z. B. Schwingungsspektrum, Reflexionsspektrum. Angeregte Atome im Gaszustand strahlen ein **Linienpektrum** aus, d. i. eine gewisse Anzahl diskreter Linien; z. B. liefert Natriumdampf eine gelbe Doppellinie (Na-D-Linie), Eisendampf hat über 1000 Linien. Bei der Mehrzahl der Atome sind die Linien nicht einfach, sondern sie bilden Multiplikatsgruppen. Eine Gesetzmäßigkeit in der Anordnung der Spektrallinien fand als erster Balmer (1885) beim Wasserstoff (→ Wasserstoffspektrum). Angeregte Atome eines Festkörpers emittieren ein **kontinuierliches S.**, in dem sich lückenlos eine Frequenz oder Wellenlänge an die andere anschließt. **Molekülspektren** oder **Bandenspektren** werden an Molekülen beobachtet. Sie bestehen aus im Vergleich zu den Linienpektren breiten Absorptionsbereichen, deren Breite durch die Überlagerung mehrerer innermolekularer Energieübergänge (Elektronensprung, Schwingung und Rotation) bedingt ist. Die Energiedifferenzen der verschiedenen Übergänge nehmen in der angegebenen Reihenfolge jeweils etwa um eine Größenordnung ab, so daß der energiereichere Übergang die Lage, der gleichzeitig auftretende energieärmere Übergang die Feinstruktur des Absorptionsbereiches bestimmt. Je nach Beobachtungsart der Spektren unterscheidet man zwischen **Emissions-, Absorptions- und Reflexionsspektren**. Beispiel für ein Absorptionsspektrum sind die nach ihrem Entdecker benannten **Fraunhoferschen Linien** im Sonnenspektrum, die dadurch entstehen, daß die Sonne umgebenden kühleren Gase bestimmte Frequenzen absorbieren.

Über die Untersuchung von Spektren → Spektroskopie, über die daraus erkennbare chemische Beschaffenheit der das S. erzeugenden Substanz → Spektralanalyse.

Lit. Saidel, Prokofjew, Raiski: Spektraltabellen (dtsh. 2. Aufl. Berlin 1961).

Spekularität, eine Varietät des → Hämatits.

Sperrbereich, in der Elektrotechnik der von einem elektrischen → Filter am Durchgang gehinderte Frequenzbereich. Gegensatz: → Durchlaßbereich.

Sperrgetriebe, ein zusammengesetztes Getriebe, in dem eine Kraft (Getriebekraft) zeitweilig gesperrt, d. h. in ihrer Wirkung gehemmt ist. Dies wird durch ein → Gesperre oder eine Sperrlage der Getriebeglieder erreicht. Man unterscheidet folgende Hauptgruppen: 1) **Schaltwerke** sind S. mit schrittweiser Bewegung des Sperrstückes entgegen dem Widerstand des Abtriebes. Bei einem Klinkenschaltwerk erfolgt die Schaltung durch Einstechen einer Klinken (Schaltklinken) in ein Zahnrad kraftschlüssig. Das → Malteserkreuzgetriebe ist ein formschlüssiges Schaltwerk. Zum Transport von Filmen in Kinogeräten verwendet man meist Greiferschaltwerke. 2) **Hemmwerke** sind S. mit schrittweiser Bewegung des Sperrstückes im Sinne der Getriebekraft, entweder mit schwingendem Sperrer (Ankerhemmwerke bei Uhren) oder mit umlaufendem Sperrer. Schalt- und Hemmwerke werden gemeinsam auch als **Schrittwerke** bezeichnet. 3) **Spannwerke** sind S. mit plötzlicher Bewegung des Sperrstückes beim willkürlichen Lösen der Sperre, deren Getriebekraft von einem Kraftspeicher (z. B. Feder, Druckluft) herrührt. Solche Spannwerke, die bei Erreichung einer Auslösestelle selbsttätig auslösen, nennt man **Spurwerke**. Wird eine Sperr- oder Kippklappe der Getriebeglieder ausgenutzt, so wird ein Gesperre überflüssig, und man spricht von Kippspannwerken und Kippspannwerken (z. B. Kippschalter). 4) **Fangwerke** sind S. mit plötzlich aufhörender Bewegung des Sperrstückes beim Schließen der Sperrung (als Sicherungseinrichtung z. B. bei Aufzügen). (Abb.)

Sperrholz, → Holz.

Sperrklinke, der Teil eines Schaltwerkes (→ Sperrgetriebe), der als Bestandteil des Gesperres das Schaltrad sperrt. Gegensatz: → Schaltklinke.

Sperrkreis, ein Schwingkreis zum Absperrn einer bestimmten Frequenz. Der S. wird z. B. im Rundfunkempfänger zwischen Antenne und Eingangskreis geschaltet, um einen störenden Sender zu unterdrücken, indem er auf dessen Welle abgestimmt wird. Der S. besteht aus der Parallelschaltung einer Kapazität C und einer Induktivität L. Ein solcher Parallelresonanzkreis besitzt für seine Eigenfrequenz einen sehr hohen Widerstand. (Abb.)

Sperr-Röhre, früher Nullode, Gasentladungsröhre in einer Hochfrequenzleitung, die bei genügend hoher Hochfrequenzspannung zündet und so die Leitung an dieser Stelle kurzschließt. Die S. n dienen in Radaranlagen mit gemeinsamer Sendee- und Empfangsantenne dazu, den empfindlichen Empfängereingang vor der Beschädigung durch die Sendepulse großer Leistung zu schützen.

Sperrschicht, die Schicht, die sich bei manchen Metall-Halbleiter-Kombinationen in der Umgebung der Berührungsfäche ausbildet und die den Strom nur in einer Richtung bevorzugt durchläßt. Sie wird z. B. in Halbleitergleichrichtern (→ Stromrichter) und Sperrschicht-Photzellen angewendet.

Sperrschichteffekt, ein → lichtelektrischer Effekt.

Sperrschichtelement, sw. → Photoelement.

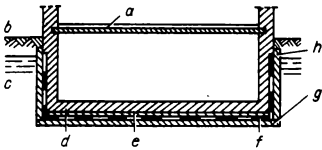
Sperrschwinger, ein Kippschwingungsgenerator, der infolge starker Transformatorrückkopplung periodisch abreißende Schwingungen erzeugt. S. werden z. B. im Fernsehempfänger zur Erzeugung von Sägezahnspannungen zur Vertikal- und Horizontalablenkung verwendet.

Sperrung, die Sicherung eines Bauwerkes gegen Feuchtigkeit und schädliche chemische Einflüsse. Man unterscheidet verschiedene Arten der S.

1) Gegen im Wandquerschnitt aufsteigende Bodenfeuchtigkeit wird etwa 160 mm über dem Kellerfußboden eine horizontale Sperrschicht und bei Außenwänden zusätzlich eine zweite horizontale Sperrschicht unterhalb des Auflagers der Kellerdecke, mindestens 300 mm über dem angrenzenden Gelände, in den Mauerquerschnitt gelegt. Die Sperrschichten bestehen entweder aus zwei Lagen mit bituminöser Klebmasse verklebter, nackter Bitumenpappe oder aus einer Bahn zusammengeschweißter PVC-Folien. Anstelle solcher Sperrstoffbahnen können auch mit chemischen Zusätzen 50 mm dicke verdichtete Mörtelstreifen eingelegt oder drei Schichten Mauerwerk aus Hartbrandsteinen in reinen Zementmörtel gemauert werden.

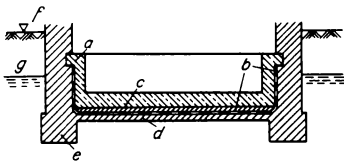
2) Gegen seitlich eindringende Feuchtigkeit werden die geputzten senkrechten Mauerflächen, die mit dem Erdreich in Berührung kommen, mit heißem oder kaltem bituminösem Sperranstrich versehen. Gelegentlich wird eine 100 mm dicke Sperrwand aus Ton vor das Mauerwerk gelegt.

3) S. gegen Grundwasser. Das Grundwasser übt infolge seines Auftriebes einen allseitigen hydrostatischen Druck aus, die S. muß diesem Druck standhalten. a) Bei der wasserdruckhaltenden Außentrogdichtung wird aus Beton oder Mauerwerk ein Trog ausgebildet (Sohle und Rücklagewand) und mit 3 bis 5 Lagen Bitumenpappe, PVC-Folien oder bitumenge tränktom Jutegewebe absolut dicht ausgeklebt. In die Wanne wird das



1 Wasserdruckhaltende Außentrogdichtung. a) Decke, b) Oberkante Terrain, c) höchster Grundwasserstand, d) Druckbeton, e) Schutzbeton, f) Sperrung, g) Betonsohle, h) Rücklagewand

Gebäude gestellt. b) Die wasserdruckhaltende Innentrogdichtung wird bei nachträglichen S.en angewandt oder bei Neuanlagen, wenn nur ein kleiner Teil des Baukörpers im Bereich des Grundwassers liegt (z. B. tiefgeführter Aufzugschacht). Die mehrschichtige S. wird auf die Kellersohle aufgebracht und an den Umfassungswänden hochgeführt. Auf die S. wird ein Betontrög eingebaut und mit den Umfassungswänden verankert.



2 Wasserdruckhaltende Innentrogdichtung. a) Innentrog, b) Innenhautdichtung, c) Schutzschicht, d) alte Kellersohle, e) altes Mauerwerk, f) Gelände, g) höchster Grundwasserstand

Gegen aggressive Stoffe im Baugrund werden die Außenwände mit schützenden Anstrichen versehen, oder der Grundbaukörper wird mit in Zementmörtel gemauerten Klinkern ummantelt. Vielfach genügt bei Betonfundamenten die Verwendung eines geeigneten Bindemittels.

Lit. Lufsky: Bituminöse Bauwerksabdichtungen (Leipzig, Bd 1 4. Aufl. 1958, Bd 2 3. Aufl. 1948); Bituminöse Dichtungen im Hochbau (Berlin 1958); TGL 3651 Sickerwasser (Terrassen-Feuchträume); TGL 3652 Druckwasserhaltende Sperrungen — Grundwasser; TGL 3653 Sperrungen gegen Erdfeuchtigkeit; TGL 6888 Abdichtung von Bauwerken; TGL 11367 Beton in aggressiven Wässern.

Sperrwerk, 1) Flußbau: ein dammartiges Bauwerk aus Sinkstücken und Faschinen, das einen Seitenarm oder einen alten Arm absperrt.

2) Getriebelehre: eine aus einem Gesperre entstandene Vorrichtung, die zum Aufhalten einer dauernd oder zeitweilig auf das Sperrstück wirkenden Kraft dient. Wechselwirkung zwischen An- und Abtrieb fehlt, so daß das S. nicht zu den Getrieben gerechnet wird. Das S. wird bei Feststellrichtungen, Bremsen und Schließwerken verwendet.

Spessartin, → Granate.

Spessartit, ein → Lamprophyr.

spezifische Lichtausstrahlung, Zeichen R , der Quotient aus dem von einer Fläche abgegebenen Lichtstrom und der strahlenden Fläche (TGL 0-5031). Die Einheit der s.n. L. ist das Lumen/Quadratmeter (→ Lux).

spezifisches Gewicht, svw. → Wichte.

spezifische Wärme, genauer **spezifische Wärmekapazität**, die Wärme, die nötig ist, um ein Gramm eines Stoffes um 1 °C zu erwärmen. Wirkt bei der Erwärmung ein äußerer Druck auf den Körper, so muß Arbeit geleistet werden, wenn sich der Körper ausdehnt. Dazu wird ein Teil der zugeführten Wärme verbraucht. Man muß also bei Volumenvergrößerung mehr Wärme zuführen, um eine bestimmte Temperaturerhöhung zu erreichen.

Man unterscheidet daher 2 Arten der s. n. W.: die s. W. bei konstantem Druck c_p und die bei konstantem Volumen c_v , wobei $c_p > c_v$. Bei festen und flüssigen Körpern ist die Volumenausdehnung sehr gering und daher der Unterschied zwischen c_p und c_v so klein, daß er vernachlässigt werden kann. Bei den Gasen jedoch, die sich bei Erwärmung sehr stark ausdehnen, ist er wesentlich größer. Aus diesem Unterschied läßt sich, wie zuerst Robert Mayer 1842 erkannte, das mechanische → Wärmeäquivalent berechnen. Die s. n. W.n sind abhängig von Druck und Temperatur. Besonders die Änderung der s. n. W. nach tiefen Temperaturen ist eingehend untersucht worden und führte zu dem Ergebnis, daß bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt (→ Temperatur) die s. W. der kondensierten Stoffe dem Wert 0 zustrebt (→ Hauptsätze der Thermodynamik). Die s. n. W.n für feste und flüssige Körper werden mit kalorimetrischen Methoden bestimmt, ebenso die s. W. bei konstantem Druck für Gase. c_v der Gase wird aus dem Verhältnis $c_p/c_v = \kappa$ ermittelt, z. B. durch Ermittlung der Schallgeschwindigkeit in dem Gas: Schall-

geschwindigkeit = $\sqrt{\frac{p \cdot \kappa}{d}}$, wobei p = Druck

und d = Dichte des Gases. Wenn c_p bekannt ist, folgt aus c_p/c_v sofort c_v . Außerdem ergibt sich c_v nach Kenntnis von c_p aus der experimentell und theoretisch zugänglichen Differenz $c_p - c_v$. Bei idealen Gasen gilt: $c_p - c_v = R/M$, wobei R = Gaskonstante, M = Mol. Gew. Für Gase bei sehr kleinen Drücken läßt sich die s. W. sehr genau mit Hilfe der Quantentheorie aus den spektroskopisch gemessenen Frequenzen der inneren Schwingungen der Moleküle berechnen. In manchen Fällen ist es vorteilhafter, wenn man die s. W. nicht auf 1 g der Substanz, sondern auf 1 Gramm-atom oder 1 Grammmolekül bezieht, d. h. also die s. W. durch die **Atomwärme** (Atomgewicht × s. W.) oder **Molwärme** (Molekulargewicht × s. W.) ersetzt.

Sphalerit, Zinkblende, ein Mineral, das wichtigste Zinkerz, ZnS; kubisch, die seltenere, bei gewöhnlicher Temperatur instabile, hexagonale Form heißt **Wurtzit**. Bei idealer Zusammensetzung enthält S. 67 % Zink, häufiger ist dieses durch andere Elemente in wechselnden Mengen ersetzt: Eisen bis 26 %, Mangan bis 5 %, Kadmium bis 3,5 %, in geringeren Anteilen Thallium, Indium und Gallium. Die Farbe ist vor allem vom

Eisengehalt abhängig: farblos, hellgelb, rötlich, bräunlich, schwarz; Härte nach Mohs 3,5 bis 4, D. 3,9 bis 4,2 g cm⁻³. Außer in häufig verzwillingten Kristallformen tritt S. derb in grobkörnigen bis feinkörnigen Aggregaten auf. Grob radialstrahlige Massen werden **Strahlenblende**, dichte mit schaliger Absonderung **Schalenblende** genannt. Beide bestehen häufig aus einem Gemenge von S. und Wurtzit. S. kommt in hydrothermalen Lagerstätten fast stets zusammen mit Galenit vor und ist in dieser Form weltweit verbreitet, auch sedimentär.

Sphäre, Wirkungskreis, Bereich, in der Geometrie die → Kugel, in der Astronomie insbesondere die Himmelskugel, das Himmelsgewölbe. Ein **sphärisches Dreieck** (Kugeldreieck) ist der von den Bögen dreier Großkreise begrenzte Teil der Kugeloberfläche.

Sphäroid, → Erde, Abschn. 2.

Sphärolith, ein kugeliges Gesteinsgebilde, das sich aus radialstrahligh angeordneten Kristallbildungen aufbaut (**sphärolithisches Gefüge**).

Sphärometer, Gerät zur Bestimmung des Krümmungsradius von Kugelflächen, z. B. von optischen Linsen. Zu den meist verwendeten mechanischen S.n gehört das **Dreifüßsphärometer**, das mit drei Spitzen auf die Kugelfläche gesetzt und bei dem mit einer Mikrometerschraube die Höhe des mittleren Flächenpunktes über den drei Spitzen gemessen wird. Beim S. für Brillengläser (**Dioptrienmesser**) sind nur zwei Spitzen vorhanden. Sehr viel genauer sind optische S. etwa das **Autokollimations-Sphärometer**.

Sphen, → Titanit.

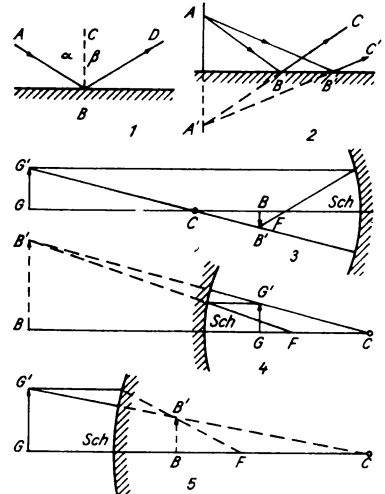
Spiegel, ein Körper mit einer glatten Fläche, die den größten Teil der auftretenden Lichtstrahlen regelmäßig reflektiert (→ Reflexion).

Nach der Lage der reflektierenden Schicht unterscheidet man Oberflächen- und Rückflächen Spiegel. **Oberflächen Spiegel** bestehen in der Regel aus einer dünnen Metallschicht (**Metallspiegel**), die auf die polierte Oberfläche eines Trägerwerkstoffs (Glas, Quarz, Metall) aufgebracht ist, oder auch aus der polierten Oberfläche eines Metallkörpers. Bei **Rückflächen Spiegeln** liegt die reflektierende Metallschicht auf der Rückseite eines Glaskörpers mit polierten oder blanken Oberflächen, so daß die Lichtstrahlen das Glas vor und nach der Reflexion durchlaufen müssen. Zu den Rückflächen Spiegeln gehören die gewöhnlichen **Glasspiegel**, die auf der Rückseite eine sehr dünne, chemisch aufgetragene Silberschicht tragen, die durch einen Lacküberzug geschützt wird.

Eine weitere Einteilung kann in ebene und gewölbte S. erfolgen. **Ebene S.** bilden einen vor ihnen befindlichen Gegenstand in gleicher Größe und ohne Abbildungsfehler ab. Das Spiegelbild ist seitenverkehrt und scheint in gleicher Entfernung hinter dem Spiegel zu sein, wie sich der Gegenstand vor dem S. befindet. **Gewölbte S.** werden in Hohl- oder Konkavspiegel und in Konvexspiegel eingeteilt. Der **Hohl- oder Konkavspiegel** (spiegelnde Seite ist nach innen gewölbt) erzeugt ein aufrechtes, vergrößertes, virtuelles Bild, falls sich der Gegenstand innerhalb der einfachen Brennweite befindet (Anwendung als Rasierspigel), oder ein umgekehrtes, verkleinertes bzw. vergrößertes, reelles Bild, je nachdem, ob die Gegenstandsweite größer oder kleiner als die doppelte Brennweite ist. Der **Konvexspiegel** erzeugt von realen Gegenständen stets ein aufrechtes, verkleinertes, virtuelles Bild. Hohl- und Konvexspiegel werden wie Linsen in abbildenden Systemen benutzt.

Beim **Parabolspiegel** ist die spiegelnde Fläche ein Rotationsparaboloid. Ein parallel zur Achse einfallender Strahl wird vom Parabolspiegel genau in seinem Brennpunkt reflektiert, und umgekehrt verläßt ein durch den Brennpunkt gehender

Strahl den S. parallel zur Achse. Parabolspiegel werden bei Scheinwerfern und bei Sonnenkraftanlagen verwendet. S. mit elliptischer Reflexionsfläche werden besonders bei den Spiegelbogenlampen für die Filmprojektion verwendet. Eine (schwach) zylindrische Reflexionsfläche ergibt verzerrte Spiegelbilder, die z. B. langgestreckt oder breitgedrückt sein können.



1 Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel. AB einfallender Strahl, BC einfallslot, BD reflektierter Strahl, α Einfallswinkel, β Reflexionswinkel. 2 Abbildung am ebenen Spiegel. Objektpunkt A wird im Punkt A' virtuell abgebildet. 3 Abbildung am Konkavspiegel, falls Gegenstandsweite größer als doppelte Brennweite. Bild BB' ist umgekehrt, verkleinert und reell. 4 Abbildung am Konkavspiegel, falls Gegenstandsweite kleiner als Brennweite. Bild BB' ist aufrecht, vergrößert und virtuell. 5 Abbildung am Konvexspiegel. Bild BB' ist aufrecht, verkleinert und virtuell. Zu 3 bis 5: GG' Gegenstand, BB' Bild, C Krümmungsmittelpunkt, F Brennpunkt, Sch Scheitelpunkt

Unter vereinfachenden Annahmen (Strahlenbündel mit kleinem Öffnungswinkel und geringer Neigung zur optischen Achse) läßt sich bei den Konkav- und Konvexspiegeln eine einfache Bildkonstruktion durchführen, wobei – ähnlich wie bei der Abbildung an Linsen – folgende Regeln gelten: 1) Parallelstrahl wird Brennstrahl, 2) Brennstrahl wird Parallelstrahl, 3) Mittelpunktstrahl wird in sich selbst reflektiert, 4) Scheitelstrahl wird im Scheitel mit gleichem Winkel zur optischen Achse reflektiert; zwischen Gegenstandsweite a , Bildweite b und Brennweite f besteht die Beziehung $1/a + 1/b = 1/f$. Bei kleinen Öffnungswinkeln ist $f = 1/r$, wobei r der Krümmungsradius ist.

Die wichtigsten Metalle für Spiegelschichten sind Aluminium (**Aluminiumspiegel**) und Silber (**Silberspiegel**). Für spezielle Zwecke verwendet man z. B. auch Gold (gutes Reflexionsvermögen für infrarote Strahlung), Nickel (gutes Reflexionsvermögen für ultraviolette Strahlung), Chrom und Rhodium. Die meisten Metalle werden durch Aufdampfen im Hochvakuum auf die vorher gut polierte und gesäuberte Oberfläche aufgebracht. Silberspiegel werden auch auf chemischem Wege dadurch hergestellt, daß aus einer Silbernitratlösung das Silber durch Reduktionsmittel, z. B. Kaliumnatriumtartrat, Formaldehyd, Glukose, niedergeschlagen wird. Für spezielle Zwecke in der Optik werden auch S. mit dielektrischen Vielfachschichten hergestellt, mit denen für bestimmte Wellenlängen ein Reflexionsvermögen von fast 100 % erreicht wird. Die Schichten werden z. B. durch abwechselndes Aufdampfen

dünnen Schichten aus Natriumfluor-aluminat und Zinksulfid hergestellt.

Spiegelbildisomerie, → Stereochemie.

Spiegelbrenner, eine → Sonnenkraftanlage.

Spiegeleisen, ein weißes Sonderroheisen mit hohem Mangengehalt und glänzendem (spiegelndem) Bruch. Die Zusammensetzung beträgt 4 bis 5 % Kohlenstoff, bis 1 % Silizium, 6 bis über 30 % Mangan, etwa 0,1 % Phosphor und bis 0,04 % Schwefel. S. wird Gußeisen oder Stahlschmelzen in kleinen Mengen zugesetzt, um deren Mangengehalt zu erhöhen.

Spiegelkerne, → Isobare.

Spiegelmikroskop, ein Mikroskop, das im Objektiv statt der Linsen eine Spiegeloptik hat. Das von Spiegelobjektiven entworfene Bild zeigt keinerlei Farbabweichungen (→ Abbildungsfehler), da die Entstehung des Bildes lediglich auf Reflexionen beruht. Die Anwendung des S. liegt vor allem in den unsichtbaren Gebieten des Spektrums, d. h. im Ultraviolett und im Ultrarot. Mit Spiegelobjektiven kann man extrem große Objektstände auch bei starken Vergrößerungen erzielen.

Spiegelobjektiv, → Spiegelsystem.

Spiegelreflexkamera, → photographische Kamera.

Spiegelsystem, ein aus Spiegeln oder aus Spiegeln und Linsen aufgebautes Objektiv von → Fernrohren. Zu den klassischen Spiegelsystemen gehören der Parabolspiegel und das Cassegrainsystem, eine Kombination von Parabol- und Hyperbolspiegel. In beiden Fällen ist das brauchbare Bildfeld sehr klein, doch wird der unendlich entfernte Achsenpunkt, von Beugungserscheinungen abgesehen, fehlerfrei abgebildet. S. eignen sich also vornehmlich für die astrophysikalische Untersuchung von einzelnen Sternen oder Nebeln.

Zu den modernen S. en gehören der Schmidt-Spiegel, das Maksutow-System und das Super-Schmidt-System. 1) Der **Schmidt-Spiegel** wurde etwa 1930 von dem Hamburger Astrooptiker Bernhard Schmidt erfunden. Er besteht aus einem sphärischen Hohlspiegel und aus der Korrektionsplatte, die sich am Ort der Öffnungsblende, im Krümmungsmittelpunkt des Spiegels, befindet. Die Korrektionsplatte ist eine verhältnismäßig dünne Glasplatte mit einer ebenen und einer asphärischen Fläche, die so gestaltet ist, daß sich alle achsenparallel einfallenden Strahlen im Brennpunkt des Systems schneiden. Um die chromatischen Fehler möglichst klein zu halten,

gibt man dem inneren Teil der Korrektionsplatte eine schwach sammelnde und dem äußeren eine schwach zerstreue Wirkung. 2) Das **Maksutow-System** wurde etwa 1940 von mehreren Optikern unabhängig voneinander — u. a. von D. D. Maksutow — erfunden. Es ist in seiner ursprünglichen Form völlig konzentrisch aufgebaut, so daß alle schiefen Bündel wie das achsenparallele abgebildet werden. Es besteht aus einem sphärischen Hohlspiegel, in dessen Krümmungsmittelpunkt die Öffnungsblende gestellt ist. Ein konzentrischer Meniskus, fast immer in der Nähe des Brennpunktes, beseitigt die sphärische Aberration. Große Öffnungsverhältnisse erfordern jedoch sehr dicke Menisken, die dann unzulässig große chromatische Fehler und sphärische Zonenfehler hervorrufen können. 3) Das **Super-Schmidt-System** vereinigt Schmidt-Spiegel und Maksutow-System. Vor einem sphärischen Hohlspiegel sind ein oder zwei Menisken und eine achromatisierte Korrektionsplatte angebracht.

Die modernen S. e werden außer für die Astrophotographie auch als Spektrographenobjektive und für die Fernsehprojektion verwendet. Die besondere Lage der Blende und die geringe Brechkraft der Menisken bzw. der Korrektionsplatte ermöglichen sehr große brauchbare Gesichtsfelder bei großem Öffnungsverhältnis.

Spiegelteleskop, → Fernrohr.

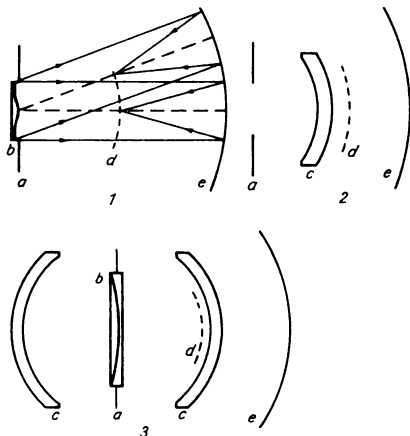
Spiegelung, 1) Mathematik: eine Abbildung. Bei der S. an einer Geraden wird jeder Punkt einer Figur in den zu dieser Geraden spiegelbildlich (symmetrisch) gelegenen Punkt abgebildet. So erhält man z. B. die Exponentialkurve aus der Logarithmuskurve durch S. an der Geraden $y = x$, der Winkelhalbierenden des ersten Quadranten. Über S. am Kreis → Inversion. Die S. an einer Ebene ist eine Abbildung des Raumes auf sich selbst, bei der die Verbindungsstrecke jedes Punktes mit seinem Bildpunkt senkrecht auf der Ebene steht und von ihr halbiert wird. Die S. gehört neben Schiebung und Dehnung zu den elementaren geometrischen Abbildungen.

2) Optik: svw. → Reflexion.

Spiel, 1) Maschinenbau: die Möglichkeit der Bewegung zwischen Teilen, die sich aus dem Unterschied ihrer zusammenwirkenden Maße ergibt.

2) Meßtechnik: die Differenz der Maße von Paarungsteilen, z. B. Welle und Bohrung. Das S. wird positiv, wenn die Bohrung größer ist als die Welle; es liegt dann eine **Spieelpassung** vor (→ **Passung**). Im umgekehrten Falle ist S. negativ und wird als → **Übermaß** bezeichnet. Eine Spieelpassung ist gekennzeichnet durch **Größtspiel** und **Kleinstspiel**, die sich aus den Nennmaßen (→ **Toleranz**) der Paarungsteile ergeben. Zwei gefügte Teile haben die vorgeschriebene **Passung**, wenn das **Istspiel**, d. h. die Differenz zwischen dem Istmaß des Außenteiles und dem Istmaß des Innenteiles, zwischen Größt- und Kleinstspiel liegt.

Spieltheorie, genauer **Theorie strategischer Spiele**, eine Disziplin der Mathematik, die sich mit dem Problem des optimalen Verhaltens eines Spielers in einer beliebigen Spielsituation befaßt. Gegenstand der Untersuchung waren von alters her **Glücksspiele**, d. h. Spiele, bei denen der Ausgang zufällig ist, also nicht vom Spieler beeinflusst werden kann. Diese Spiele wurden im Rahmen der → **Wahrscheinlichkeitsrechnung** behandelt. Gesellschaftsspiele dagegen (z. B. Kartenspiele), d. h. Spiele, bei denen die Spieler den Ausgang mehr oder weniger durch Entscheidungen während des Spielverlaufs beeinflussen können und die man **strategische Spiele** nennt, wurden erst in jüngerer Zeit untersucht. Der Ausgangspunkt einer Theorie strategischer Spiele war eine 1928 erschienene Arbeit des Mathematikers J. V. Neumann. Jedoch erst in den letzten zwei Jahrzehnten entwickelte sich die S. durch praktische Aufgabenstellungen vor allem der



Spiegelsysteme (schematisch): 1 Schmidt-Spiegel mit Strahlengang; 2 Maksutow-System; 3 Super-Schmidt-System. a Blende, b Korrektionsplatte, c Meniskus, d Bildfläche, e Hohlspiegel (Kugelspiegel)

Ökonomie und der Militärstrategie. Die Ähnlichkeit der Situation in diesen Bereichen mit Situationen bei Gesellschaftsspielen ermöglichte eine Verallgemeinerung. Eine Analyse derartiger Situationen, in denen sich zwei, gegebenenfalls mehrere Spieler gegenüberstehen, die unterschiedliche oder entgegengesetzte Ziele verfolgen, führte zur Entwicklung einer mathematischen Theorie, die derartige „Konfliktsituationen“ beschreibt und den Gegenspielern rationale Verhaltensweisen (Entscheidungen) im Spielverlauf empfiehlt. Danach können die Ergebnisse der theoretischen Analyse von Gesellschaftsspielen als allgemeine Modelle für ähnliche Situationen in verschiedenen Bereichen der Wirklichkeit dienen. Auf Grund dieser Tatsache wird die S. heute als Disziplin der theoretischen → Kybernetik betrachtet, da ein enger Zusammenhang besonders zur System- und Informationstheorie besteht. Ein *Spill* ist in diesem Sinne ein mathematisches Modell einer Konflikt- oder Wettbewerbssituation. Die am Spiel beteiligten Spieler (Individuen, soziale Gruppen, Armeen, Truppenteile, allgemeine Systeme mit zielorientiertem Verhalten) streben nach einem ihrem Ziel entsprechenden Ausgang des Spieles, einem größtmöglichen Gewinn, „Sieg“ oder Nutzen. Je nachdem, wie viele Spieler sich gegenüberstehen, unterscheidet man Zweipersonenspiele und Mehrpersonenspiele.

Um eine gegebene Situation einer spieltheoretischen Analyse zugänglich zu machen, müssen die „Spielregeln“ bekannt sein. Sie umfassen das System der Bedingungen, die die möglichen Verhaltensweisen der beteiligten Spieler, den Umfang der erreichbaren Informationen über das Verhalten der Gegenseite sowie das erreichbare Ergebnis bestimmt möglicher Spielverläufe bestimmen. Ein *Zug* ist eine konkrete Verhaltensweise (Operation), die durch Entscheidung für eine der möglichen, durch die Spielregeln bestimmten Verhaltensweisen ausgewählt wurde. Der wichtigste Begriff der S. ist der Begriff der *Strategie*. Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, daß die S. eine exakte Bewertung der Verhaltensweisen sowie der Spieldgänge gestattet.

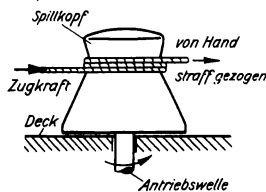
Die S. kann als spezieller Bereich der mathematischen → Entscheidungstheorie betrachtet werden. Ein enger Zusammenhang besteht zwischen S. und der Theorie der Linearprogrammierung, die in zunehmendem Maße in den Gesellschaftswissenschaften, besonders der Ökonomie, und in den Leitungswissenschaften angewendet wird.

Lit. Vorobjoff: Grundfragen der S. und ihre praktische Bedeutung (dtshc Berlin 1967).

Spill *n*, eine maschinell angetriebene Ziehvorrichtung zum Bewegen von Lasten, Fahrzeugen u. a., bei der im Unterschied zur → Winde das Seil oder die Kette nicht aufgewunden, sondern nur durch Reibung mitgenommen wird und auf der Abgangseite lose abläuft.

Auf Schiffen werden mit dem **Ankerspill** die Anker ausgelassen und eingeholt, wobei beim Einholen die Ankerkette von einer auf der Spillwelle sitzenden Kettennuß (mit Vertiefungen für die Kettenlieder) mitgenommen wird. Das Bugankerspill hat eine waagerechte Welle mit zwei Kettennüssen (für Backbord- und Steuerbordankerkette), oder man ordnet zwei S.s mit senkrechter Welle und je einer Kettennuß nebeneinander an. Auch der Heckanker wird im allgemeinen mit einem Senkrechtpill bewegt. Auf den Enden der Kettennußwelle sitzt meist je ein kegelförmiger *Spillkopf*, um den man eine Trosse schlingen kann. Diese wird dann beim Drehen des Kopfes auf der einen Seite angezogen und eingeholt und läuft auf der anderen frei ab. Ebenso arbeitet das **Verholspill**, mit dem eine an Land befestigte Trosse eingeholt und so das Schiff, z. B. am Kai, um eine kurze Strecke verschoben (ver-

holt) wird. Bei senkrechter Welle hat das Verholspill einen, bei waagerechter Welle zwei Spillköpfe. Man baut heute oft kombinierte Anker- und Verholspills ein. Auf Tank- und Massengutfrachtschiffen sind automatische Verholspills üblich, die beim schnellen Be- und Entladen dieser Schiffe die Trosse selbsttätig fieren oder einholen. Die Spills auf Schiffen werden meist durch Elektromotor, seltener durch Dampfmaschine oder Dampfturbine, Dieselmotor oder von Hand angetrieben.



Verholspill mit senkrechter Welle und Antrieb unter Deck

Spin *m*, **Drall**, der Drehimpuls, der die Eigenrotation eines quantenmechanischen Teilchens kennzeichnet. Der S. ist infolge des magnetomechanischen Parallelismus mit einem magnetischen Moment verknüpft. Er wird in halbzahligen Vielfachen von $\hbar/2\pi$ (\hbar = Plancksches Wirkungsquantum) angegeben. Entsprechend ordnet man den Teilchen **Spinquantenzahlen** $0, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$ zu. Elektronen und Nukleonen haben die Spinquantenzahl $\frac{1}{2}$. Das durch den S. bedingte magnetische Moment des Elektrons wird in Bohr'schen Magnetonen, das der Kerne in Kernmagnetonen gemessen (→ Magneton). Die Vorstellung des S.s wurde 1925 von Uhlenbeck und Goudsmit eingeführt, die ihn als Folge einer inneren Drehbewegung betrachteten, doch konnte er erst 1928 von Dirac theoretisch begründet werden.

Spindel, 1) Textilindustrie: ein beidseitig zugespitzter stabförmiger Körper, der an Spinn- und Zwirnmaschinen die Spule trägt. Durch die Drehung der S. werden Fasern zum Garn zusammengedreht oder Fäden verzwirnt und gleichzeitig zur Spule aufgewickelt. S.n laufen in Gleitlagern, heute meist in nachgiebigen Rollenlagern, und werden durch Schnur oder Band, auch zwangsläufig mittels Zahnrädern (**Perfektspindel**) angetrieben. Neuerdings wird zum Spinnen auch die **Topfspindel** angewendet, → Spinnerei. Sich drehende oder feststehende S.n zum Aufstecken von Spulen gibt es auch bei anderen Textilmaschinen, z. B. bei den Spulmaschinen.

2) Maschinenbau: a) Arbeits- oder Hauptspindel, → Werkzeugmaschinen; b) Welle mit Gewinde zur Umwandlung einer Drehbewegung in eine Längsbewegung.

3) Labortechnik: svw. → Aräometer.

Spinelle, eine Mineralgruppe mit weitgehender Mischbarkeit von der Zusammensetzung XY_2O_4 oder $XXYO_4$, wobei $X = Mg, Fe, Zn, Ni, Co, Mn$ (alle zweiwertig) und $Y = Al, Fe, Cr, Mn$ (alle dreiwertig); kubisch, Härte nach Mohs 6 bis 8, D. 3,5 bis 5,2 g cm⁻³. Man unterscheidet 1) **Aluminatspinelle**, z. B. **Edelspinelle**, $MgAl_2O_4$, Farbübergänge von rot nach blau, die Rotfärbung durch Cr-, die Blaufärbung durch Fe-Einlagerung bedingt; **Herzynit**, $FeAl_2O_4$, schwärzlich; **Gahnit**, $ZnAl_2O_4$, dunkelgrün; 2) **Ferritspinelle**, z. B. **Magnetit**, **Franklinit** u. a.; 3) **Chromspinelle**, z. B. **Chromit** u. a. S. kommen überwiegend regional- und kontaktmetamorph vor, auch als Gemengteile in Eruptivgesteinen. Edelspinelle, die als Schmucksteine verwendet werden, stellt man auch synthetisch her und verwendet sie dann wegen ihres hohen Schmelzpunktes für Hochtemperatur-Laborgeräte.

Spindduse, eine brausenartige Vorrichtung aus einer Gold-Platin-Legierung oder Tantal, durch

die beim Spinnen von Chemiefaserstoffen die Spinnmasse hindurchgepreßt wird. Anzahl und Durchmesser der feinen Öffnungen sind für jede zu erzeugende Faserart verschieden.

Spinnerei (Tafel 35), ein Zweig der Textiltechnik, umfaßt die Herstellung von → Garn aus Fasern. Für das eigentliche Spinnen werden Fasern in eine mehr oder weniger parallele Anordnung gebracht und zusammengedreht. Während des Drehens werden weitere Fasern zugeführt, und es entsteht ein Garn von beliebiger Länge.

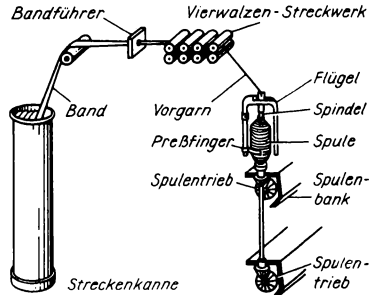
Beim **Handspinnen** werden die um einen senkrechten Stab (Rocken) gewundenen Fasern mit der Hand abgezogen. Das entstehende Garn wird an der Spindel befestigt und diese in schnelle Umdrehung versetzt, um die Fasern zusammenzudrehen und das Garn aufzuwinden.

Beim **Maschinenspinnen** müssen Naturfaserstoffe durch Auflösen (Öffnen) der Fasermassen, Reinigen, Mischen, wiederholtes Verziehen, Fachen (Dublieren) und Parallellegen vorbereitet werden; bei Chemiefasern entfallen die Vorbereitungsarbeiten teilweise oder ganz. Beim Spinnen werden die Faserbänder, meist nach nochmaligem Fachen und Verziehen, zusammengekrempelt und als Garn aufgewunden.

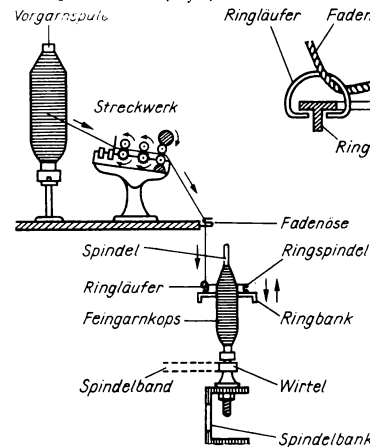
Nach der Art der Fasern, die versponnen werden, unterscheidet man Baumwoll-, Woll-, Flachs- oder Leinen- und Chemiefaserspinnerei.

1) **Baumwollspinnerei** (Abb. 1). In der Putzerei wird die Baumwolle für das eigentliche Spinnen vorbereitet. Die in stark gepreßten Ballen angelieferte Baumwolle wird im Ballenöffner von einem Nadellattentuch aufgelockert und gemischt, danach in → Öffnern (z. B. Vertikalöffner) und in → Schlagmaschinen gereinigt und bis zur Flocke aufgelöst. Auf der → Karde (Krempel) wird ein Faserflor gebildet und zu einem Faserband zusammengefaßt, das für hochwertige und feine Garne nach dem Fachen und Verziehen auf der Bandvereinigungsmaschine und der Wickelstrecke noch auf der → Kämmaschine gekämmt wird. Auf der → Strecke wird das Faserband in einer oder mehreren Passagen durch Fachen und Verziehen gleichmäßig und parallelisiert. Dann werden die Faserbänder auf dem Flyer (Vorspinnmaschine; Abb. 2) in → Streckwerken verzo-gen und mittels eines rotierenden Flügels zu lockerem Vorgarn zusammengedreht. Das Vorgarn wird zu einer Spule aufgewunden. Das Garn durchläuft dabei einen hohlen Arm des um die Spule rotierenden Flügels und wird von einem Preßfinger an die schon vorhandene Wicklung der Spule gedrückt. Die Spule ist auf einer in senkrechter Richtung beweglichen Spulenbank gelagert und erhält ihre Drehung von einem Differentialgetriebe (Spultrieb). Das Fein-

spinnen (Ausspinnen) erfolgt auf der Ringspinnmaschine (Abb. 3). Hier wird das Vorgarn im Streckwerk auf die festgesetzte Feinheit verzo-gen. Das aus dem Streckwerk kommende, durch eine Fadenöse geführte Faserbändchen wird von einem Ringläufer zum Garn zusammengedreht, der auf einem die Spindel umgebenden Ring kreist, weil er vom Faden geschleppt wird. Durch Auf- und

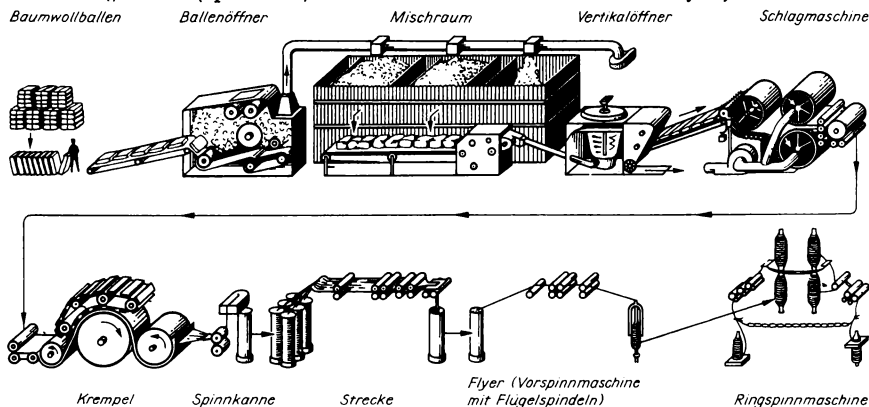


2 Vorspinnmaschine (Flyer)



3 Ringspinnmaschine

Abwärtsbewegen der Ringbank wird das Garn auf der rotierenden Spindel zur Spule (Kops) aufgewickelt. Die Spindeln befinden sich auf der feststehenden Spindelbank. Angestrebt wird eine Verkleinerung des Maschinenparks, z. B. durch Ausschalten des Flyers; die Streckenbän-



1 Garnherstellung in der Baumwollspinnerei

der werden dabei der Ringspinnmaschine vorgelegt (Bandspinnverfahren).

2) **Wollspinnerei.** a) Aus Kammwolle (\rightarrow Wolle) stellt man in der \rightarrow Kämmerei den Kammzug her, der in der **Kammgarnspinnerei** verarbeitet wird. Bei dem in der DDR und in Westdeutschland verbreiteten französischen System wird aus dem Kammzug durch Fachen und Verziehen auf mehreren Nadelstab- und Nadelwalzenstrecken sowie durch \rightarrow Nitscheln Vorgarn erzeugt, das auf den mit Streckwerken ausgestatteten Kammgarn-Wagenspinnmaschinen (Selfaktoren, s. u.) oder auf Ringspinnmaschinen ausgesponnen wird. Neuerdings finden Kurzspinnverfahren Anwendung, bei denen die Anzahl der Passagen (Arbeitsgänge) durch andere Maschinenfolge und Verwendung von Hochverzugs-Streckwerken vermindert wird. b) Merinowolle wird in der **Streichgarnspinnerei** zu weichen, fertigen Streichgarnen verarbeitet. Zunächst erfolgt das Wollen, ein Auflökern und Mischen (Manipulieren, Melangieren) der gewaschenen Wolle auf dem Krempelwolf (\rightarrow Karde). Vor, während oder nach dem Wollen wird die Wolle geschmälzt, um sie elastisch und gleitfähig zu machen (\rightarrow Schmälzen). Auf Dreikrempelsätzen werden die Faserflocken bis zur einzelnen Faser aufgelöst und zu einem Flor ausgebreitet. Der Flor wird vom Florteiler in schmale Florstreifen geteilt, die genitschelt und dann als Vorgarn aufgewickelt werden.

Beim Feinspinnen auf der absatzweise arbeitenden Wagenspinnmaschine (Selfaktor) wird das Vorgarn gleichzeitig verzogen und zusammenge-dreht und dann zum Kops aufgewickelt.

Auf der Streichgarn-Ringspinnmaschine wird im langen Streckfeld eines Zweiwalzen-Streckwerkes dem Faden durch ein Drehröhrchen infolge Reibungsmittnahme Drehung erteilt. Grobe Streichgarnen werden ohne Verzug mit der Dosen- oder Schlauchkoppspinnmaschine erzeugt. Nach dem Streichgarn-Spinnverfahren werden auch Reißfasern, Baumwolle (Imitatgarn), Baumwollabfälle, Mischungen aus 5 bis 10 % Wolle und Baumwolle (Vigogne), Bourrette, Asbest u. a. verarbeitet.

3) In der **Flachspinnerei** wird aus dem Langfaserflachs (Hechelflachs) auf der Anlegemaschine ein Band gebildet, das in Nadelstabstrecken wiederholt gefacht und verzogen und auf dem mit Nadelstabstreckwerken versehenen Flyer vorgesponnen wird. Zum Feinspinnen dient vorwiegend das Naßspinnverfahren auf Flügel- oder Ringspinnmaschinen. Das Vorgarn wird dabei durch warmes Wasser geleitet, damit es besser in einem oder zwei aufeinanderfolgenden Zweiwalzen-Streckwerken (Vierwalzen-Doppelverzugsstreckwerk) verzogen werden kann. Neuerdings werden auch Topfspindeln (Spinnzentrifugen) verwendet, wobei sich das Garn an die Innenwand eines mit hoher Drehzahl rotierenden Topfes anlegt. Die Einführung des Bandspinnverfahrens (Kurzspinnverfahren) wird wie in der Baumwollspinnerei angestrebt, besonders für grobe und mittelfeine Garne.

Flachswerg wird in Veredlungsanlagen aufbereitet. Dann wird auf der Walzenkrempel ein Band gebildet, das wie Langfaserflachs weiterverarbeitet wird. Andere Bastfasern werden ähnlich wie Flachs versponnen.

4) Beim **Verspinnen von Chemiefasern**, häufig in Mischungen mit Naturfasern, werden dem jeweils zu verarbeitenden Faserstoff angepaßte Spinnverfahren oder Kurzspinnverfahren angewendet (\rightarrow Chemiefaserstoffe), neuerdings auch **Direktspinnverfahren**. Bei diesen wird das vom Chemiefaserstoffwerk gelieferte, aus Elementarfäden bestehende Spinnkabel auf einer Maschine zu Garn verarbeitet. Im Streckwerk (Konverter) wird das Kabel zu Fasern zerrissen oder zerschnitten, die unter Beibehaltung der Parallelität ver-

zogen und anschließend von einer Ringspindel zusammengedreht und als Garn aufgewunden werden.

Lit. Budnikow: Grundlagen des Spinnens (2 Bde dtshc Berlin 1968); Döhler: Abriß der Kammgarnspinnerei (Leipzig 1956); Rakow, Krjukow, Baljasow: Die Baumwollspinnerei (2 Bde dtshc Leipzig 1953–54); Soboljew: Aufbau, Bedienung und Wartung der Ringspinnmaschine (dtshc Leipzig 1953); Trujewzew: S. (dtshc Leipzig 1955).

Spinwellen, in der quantenmechanischen Theorie des Ferromagnetismus solche Wellen, die die Ausbreitung von Anregungszuständen von Spins im Kristall beschreiben. Ihnen kommt nur eine rein formale mathematische Bedeutung zu. Die ihnen entsprechenden Quasiteilchen nennt man \rightarrow Ferromagnonen.

Spirale, eine ebene Kurve mit unendlich vielen Umläufen um einen festen Punkt 0, die sich also unendlich oft um diesen Punkt herumwindet. Die **archimedische S.** z. B. ist diejenige ebene Kurve, die entsteht, wenn sich ein Punkt gleichförmig längs einer Geraden bewegt, während letztere gleichzeitig um einen festen Punkt gleichförmig gedreht wird. Ihre Gleichung in Polarkoordinaten ist $r = c \cdot \varphi$ (c konstant). Bei der **logarithmischen S.** bildet der Radiusvektor mit der Tangente in einem Kurvenpunkt einen konstanten Winkel α . Ihre Gleichung in Polarkoordinaten lautet $r = a \cdot e^{\alpha \varphi}$ (a, c konstant und > 0). Für $\varphi = 0$ ist $r = a$. Beim Grenzübergang $\varphi \rightarrow +\infty$ strebt auch r gegen $+\infty$. Für φ gegen $-\infty$ strebt r gegen Null. (Abb.)

Spiralnebel, ein \rightarrow Sternsystem.

Spiralturbine, eine \rightarrow Wasserturbine.

Spiritus, gewerbsmäßig hergestelltes \rightarrow Äthanol.

Spitzenentladung, die elektrische Entladung, die sich bei hoher Spannung an Spitzen und scharfen Kanten von Leitern vollzieht, da hier die elektrische Feldstärke besonders groß ist. Hierbei entstehen meist Lichterscheinungen (\rightarrow Büschelentladung).

Spitzenlast, \rightarrow Belastung.

Spitzenübermikroskop, swv. \rightarrow Feldelektronenmikroskop.

Spint, 1) ein gespaltener Stift zur Sicherung eines Maschinenteils, z. B. eines Bolzens.

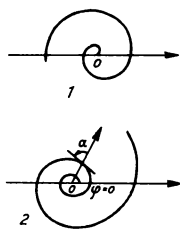
2) \rightarrow Holz.

Spitt, gebrochenes natürliches Gestein (Diabas, Basalt u. a.) oder künstliches Gestein (Hochofenschlacke) mit einer Korngröße zwischen 2 und 25 mm. S. wird im Straßenbau bei der Herstellung von Trag- und Deckschichten verwendet (\rightarrow Straße). **Ziegelspitt** aus zerkleinerten Ziegeln ist Zuschlagstoff für Leichtbeton (Ziegelspittbeton) und für Großblöcke in der Montagebauweise. **Kalksteinspitt** ist Zuschlagstoff für Beton geringerer Festigkeit.

Spodumen, ein \rightarrow Augit.

Spotlight [englisch, 'Punktlicht'], ein Scheinwerfer, bei dem die Lichtstrahlen so eng gebündelt werden, daß ein ziemlich kleinflächiger Lichtfleck entsteht. Das S. wird vor allem bei Photo- und Filmaufnahmen verwendet.

Sprechfunk, **Funksprechverkehr**, alle drahtlosen Sprechverbindungen zwischen festen oder beweglichen Stationen (\rightarrow beweglicher Landfunk). Im allgemeinen besteht jede Station aus Sender, Empfänger und Antenne. Man unterscheidet im wesentlichen folgende Betriebsarten: Beim **Wechselsprechen auf einer Frequenz (Einkanal-Simplex)** sind Sender und Empfänger einer Station wechselweise auf einer Frequenz in Betrieb. Beim **Wechselsprechen auf zwei Frequenzen (Zweikanal-Simplex)** sind Sender und Empfänger einer Station wechselweise auf getrennten Frequenzen in Betrieb. Beim **Gegensprechen (Duplex)** sind Sender und Empfänger einer Station gleichzeitig auf getrennten Frequenzen in Betrieb. Beim **bedingten Gegensprechen (Semi-Duplex)** arbeitet die Leitfunkstelle im Gegensprechbetrieb, die



1 archimedische Spirale (für $r > 0$), 2 logarithmische Spirale

Gegenstation im Wechselsprechbetrieb auf den getrennten Frequenzen.

Die Geräte für die beweglichen Sprechfunktionen nennt man → Funksprechgeräte.

Spreitung, das Ausbreiten eines unlöslichen oder schwerlöslichen Stoffes auf der Oberfläche einer Flüssigkeit (Wasser, wäßrige Lösungen und Quecksilber) zu einer monomolekularen Schicht (Oberflächenfilm). Ein Beispiel für die Anwendung ist die S. eines fetten Ölfilms auf Wasser zur Wellenberuhigung.

Spreizung, bei Kraftfahrzeugen die Neigung der Achse der Achsschenkelbolzen gegenüber einer Senkrechten auf der Fahrbene in Fahrtrichtung, gemessen bei vollbelastetem Fahrzeug. Sie beträgt üblicherweise 5 bis 8°. Durch die S. wird der Lenkrollhalbmesser kleiner, die Lenkung geht leichter.

Sprelacart, → Plaste, Übers.

Sprengen, Schießen, das Zertrümmern, Lockern und Lösen von Gestein, Erde, Mauerwerk u. a. mit Hilfe von Sprengstoffen. Die Sprengstoffe werden in Form von Sprengpatronen mittels Ladestöcken oder in loser, unpatronierter Form mittels pneumatischer Sprengstoffladegeräte in die Bohrlöcher eingebracht. Die verschiedensten Sprengverfahren sind maßgeblich bedingt durch die geologischen Verhältnisse der Lagerstätte. Das S. geschieht z. B. beim Schachtabteufen, im Streckenvortrieb, im Abbau, beim Tunnelbau, im Steinbruch u. a. Unter Laden versteht man das Einbringen der vorbereiteten Sprengladung einschließlich der Schlagpatrone oder der Sprengschnur in das Sprengbohrloch bzw. in die Sprengkammer. Gleichzeitig mit der Ladung sind die zur Initiierung erforderlichen Zündschnüre bei Pulversprengstoffen und Sprengschnüre bei Großbohrlöchern (→ Zündschnur) sowie Schlagpatronen bei normalen Sprengbohrlöchern einzubringen. Die Schlagpatrone ist eine Sprengstoffpatrone, in der eine Sprengkapsel bzw. ein scharfer elektrischer Zünder zur Initiierung der Lademenge eingesetzt ist. Das Zünden erfolgt bei Verwendung von Zündschnüren von Hand. Elektrische Zünder werden nach Hintereinander- bzw. Parallelschaltung mittels Zündmaschine oder durch den Netzstrom gezündet. Mit Zündkreisprüfern (Widerstandsmesser) werden einzelne Brückenzünder, Schießleitungen sowie verlegte Zündkreise auf Stromdurchgang geprüft. Zur sicheren Initiierung der elektrischen Zünder ist ein genügend hoher Zündimpuls notwendig, der für übliche Brückenzünder bei 0,8 und 3 mWs/Ω (Milliwattsekunde/Ohm) liegt. Zwecks besserer Zertrümmerung des Gesteins wird in verstärktem Maße das Millisekundensprengen (mit elektrischen ms-Zündern und Millisekundenzündgerät) mit Zeitintervallen von 12,5 bis 30 ms angewandt. Das S. wird insbesondere zur Vermeidung schwerer Sprengunfälle durch umfangreiche polizeiliche und betriebliche Vorschriften gesteuert. Besonders in schlagwettergefährdeten Steinkohlengruben gelten umfangreiche bergpolizeiliche Vorschriften. Hier dürfen nur Sicherheitssprengstoffe eingesetzt werden.

Lit. Lathan: Bohr- und Schießarbeiten im Bergbau (Leipzig, Bd 1 1959, Bd 2 2. Aufl. 1962); Weichelt: Handb. der gewerblichen Sprengtechnik (5. Aufl. Leipzig 1965).

Sprenggelatine, eine gelbliche, gelatineartige, brisante Sprengmasse, die aus 92 bis 93% Glycerintrinitrat (gegebenenfalls mit Äthylenglykoldinitrat vermischt) und 7 bis 8% Kollodiumwolle (Stickstoffgehalt etwa 12%) besteht. Wegen ihrer großen Sprengkraft und der hohen Wasserbeständigkeit wird S. besonders im Tunnelbau angewendet.

Sprengkapsel, eine mit Sprengstoff gefüllte Kupfer- oder Aluminiumhülse zur Initialzündung industrieller und militärischer Sprengstoffe. S.n

haben eine Unterladung aus einem brisanten Sprengstoff (z. B. Pentaerythrit-tetranitrat) und eine funken- und flammenempfindliche Initialsatzaufladung, die z. B. bei Aluminiumkapseln aus Bleiazid $Pb(N_3)_2$ mit Zusatz von Bleitrinitroresorzinat besteht. Sie werden mit einer Zündschnur oder einem elektrischen Zünder versehen und in die Sprengstoffladung eingeführt. **Sprengzünder** sind mit elektrischen Zündern festmontierte S.n.

Sprengöl, swv. → Glycerintrinitrat.

Sprengpulver, → Schwarzpulver.

Sprengring, ein federnder, an einer Stelle geschlitzter Ring zur Herstellung mechanischer Verbindungen. Durch Einlegen in Rillen auf Wellen bzw. in Bohrungen wird eine formschlüssige, axiale Lagesicherung ermöglicht.

Sprengschnur, swv. detonierende → Zündschnur.

Sprengstoffe, → Explosivstoffe.

Sprengwerk, eine Holz-, Stahl- oder Stahlbetonkonstruktion zum Überbrücken großer Spannweiten. Die Eigenmasse der Konstruktion sowie die Nutzlasten werden durch Streben zu tiefer liegenden Widerlagern abgeführt. Das **Hängesprengwerk** ist eine Vereinigung des → Hängewerks mit dem S., bei der die Tragkonstruktion z. T. über-, z. T. unterhalb des Streckbalkens liegt.

Sprengflut, → Gezeiten.

Sprinkleranlage, eine → Feuerlöschanlage.

Sprit, gewerbsmäßig hergestelltes → Äthanol.

Spritzflasche, ein Langhalsstehkolben, der durch einen Gummi- oder Normschliffstopfen mit zwei gebogenen Glasröhrchen verschlossen ist. Die S. dient zum Erzeugen eines scharfen Flüssigkeitsstrahls (meist von destilliertem Wasser). Der notwendige Druck entsteht durch Einblasen von Luft.

Spritzgeräte, → Pflanzenschutzgeräte.

Spritzguß, ein Verfahren zum Gießen von Metall und Plasten. Der S. ist ein Druckgußverfahren (→ Formguß). 1) **Metallspritzguß**. Durch S. können Zinn, Zink, Blei, Kupfer, Magnesium, Aluminium und deren Legierungen verarbeitet werden. Das Metall wird entweder flüssig mit der Gießkelle in eine Spritzgußmaschine eingefüllt oder aus einem beheizten Vorratsbehälter abgezogen. Ein Kolben drückt den flüssigen Gießwerkstoff durch eine Spritzdüse in eine zweiteilige, meist wassergekühlte Gießform (Dauerform), in der der Werkstoff erstarrt.

2) **Plastspritzguß**. In der Plastindustrie gibt es spezielle thermoplastische Spritzgußmassen, z. B. Polystyrol, Polyamide, Polyäthylene, Zelluloseacetobutyrat u. a., denen Farbstoffe sowie in einzelnen Fällen Weichmacher und Füllstoffe zugesetzt werden. Die Plastmasse wird durch Wärme und Druck in der Spritzgußmaschine plastifiziert, die so arbeitet wie diejenige für Metallspritzguß.

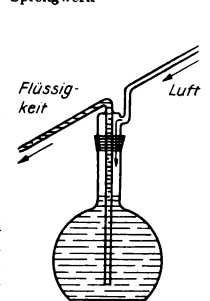
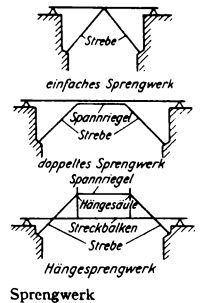
Der S. ergibt sehr saubere Gußstücke. Es werden dadurch vor allem Massenartikel hergestellt, aus Platten z. B. Haushalt- und technische Artikel, Elektroisolationsteile, Spielwaren u. ä., ferner Artikel mit komplizierten Formen, z. B. metallene Gebläselaufräder für Staubsauger.

Das **Preßspritzen** (Spritzpressen) ist ein dem S. ähnliches Umformen von Duroplasten. Der Ausgangsstoff, die Preßmasse, wird in fester Form zunächst durch Erwärmen in einem Zylinder vorplastifiziert und dann in eine Form gepreßt, in der das Aushärten erfolgt.

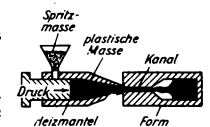
Lit. Laeis: Der S. thermoplastischer Massen (München 1950).

Spritzmetallisieren, → Metallspritzen.

Spritzpistole, ein pistolenartiges Gerät zum Aufspritzen von Farben, Lacken und anderen Anstrichstoffen (z. B. auf Möbel, Metallteile), Metall und Platten (auf Werkstücke zum Oberflächenenschutz), Paraffin, Wollfasern u. a. Beim



Spritzflasche mit Normschliffstopfen



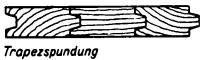
Spritzguß von Thermoplasten

Spritzpressen

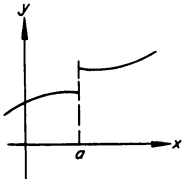
Quaderspundung



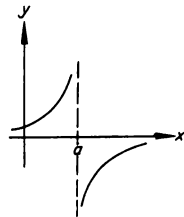
Keilspundung



Trapezspundung

Spundung

endlicher Sprung



unendlicher Sprung

Farb- und Lackspritzten wird der flüssige Farbstoff oder Lack mit der S. durch Kohlendioxid oder Druckluft fein verstäubt gleichmäßig aufgetragen, und zwar kalt (Kaltspritzten) oder auf 70 bis 80 °C erwärmt (Wärmspritzten). Beim Aufspritzen von Metallen (→ Metallspritzten) wird das aufzuspritzende Metall in Draht- oder Pulverform zuvor in der S. geschmolzen. Das Aufspritzen von Plasten mit der S. erfolgt in ähnlicher Weise (→ Plastspritzten).

Spritzpressen, 1) swv. Preßspritzten, → Spritzguß. 2) swv. → Fließpressen.

Sprödigkeit, → Zähigkeit.

Sprossenschrift, → Lichttonverfahren.

Sprudel, eine → Quelle.

Sprudelstein, → Oolith, → Sinter.

Sprühgeräte, → Pflanzenschutzgeräte.

Sprung, 1) Mathematik: die einfachste Art der Unstetigkeit (→ Stetigkeit) einer Funktion. Die Funktion $y = f(x)$ besitzt für $x = a$ eine **Sprungstelle**, wenn die Funktionswerte bei der Annäherung von x an a von links und von rechts verschiedenen Grenzwerten zustreben. Man unterscheidet zwischen **endlichen** und **unendlichen** Sprüngen (Abb.).

2) Geologie: swv. → Verwerfung.

Sprungwerk, ein → Sperrgetriebe.

Spule, 1) Elektrotechnik: ein Bauelement aus mehreren voneinander isolierten Drahtwindungen. Die **Wicklungen** von → Transformatoren und elektrischen Maschinen sind im allgemeinen aus mehreren S.n. aufgebaut. Eine einzelne S. als Schaltelement wird auch als → Drosselspule bezeichnet.

2) Textilindustrie: ein Trag- oder Stützkörper (Hülse) aus Pappe, Holz, Plast oder Metall mit der darauf befindlichen Fadenwicklung. Man unterscheidet: **Scheibenspule** mit Wicklung auf einer Hülse mit seitlichen Begrenzungsscheiben; **Kreuzspule**, bei der sich die Windungen aufeinanderfolgender Wicklungsschichten kreuzen; **Flaschenspule** mit flaschenförmiger Hülse für die Wirkerei; **Kops (Kötzer, Bobine)** mit meist auf schwach kegelförmiger Hülse gebildeten, sich kreuzenden Wicklungsschichten; **Schlauchkops** mit Fadenwicklung ohne Hülse zum Abziehen des Fadens von innen heraus. **Wickel** ist eine Wicklung, von der die zum Aufwinden benutzte Hülse wieder entfernt wurde.

Auf **Spulmaschinen** werden Schußfadenspulen (Kops) und Kettfadenspulen (Scheiben- oder Kreuzspulen) für die Weberei sowie verschiedenartige S.n. für die Wirkerei usw. hergestellt. **Spulautomaten** sind Spulmaschinen, die selbsttätig die vollen S.n. gegen Hülsen auswechseln. **Spulengatter** sind Gestelle zum Aufstecken einer großen Anzahl von S.n., z. B. für das Schären (Schärgatter) oder Zetteln (Zettelgatter) der Kette in der Weberei.

Spülverfahren, 1) ein Verfahren zur Errichtung größerer Dämme und zur Verfüllung von Kolken. Die benötigten Erdstoffe werden mittels besonderer Kreislaspumpen und Saugrohre von der Gewässersohle gewonnen. Das Wasser-Boden-Gemisch (Pulpe) wird durch eine Rohrleitung zur Einbaustelle gepumpt. Der luft- und wasserseitige Dammfuß muß vor Beginn des S.s. auf mechanischem Wege hergestellt werden, damit die Pulpe nicht breitfließt. Beim Austritt aus der Rohrleitung lagern sich die feinsten Kornbestandteile an der tiefsten Stelle ab und bilden dadurch einen dichten Kern; das gröbere Material bildet den eigentlichen Dammkörper.

2) im Grundbau ein Verfahren zur Erleichterung des Einrammens von Pfählen und Spundwänden. Man leitet einen Wasserstrom unter Druck in die Nähe der Pfahlschulter oder des Spundwandfußes; der Wasserstrom lockert den Boden auf und steigt am Pfahl (Spundwand)

wieder nach oben. Hat er den Boden genügend gelockert, sinkt der Pfahl oder die Spundwand oft unter der Eigenmasse und der Masse des aufgesetzten Rammbärs von selbst ein. Dieses S. wird auch bei der Brunnengründung (→ Gründung) angewendet.

3) → Verbrennungsmotor.

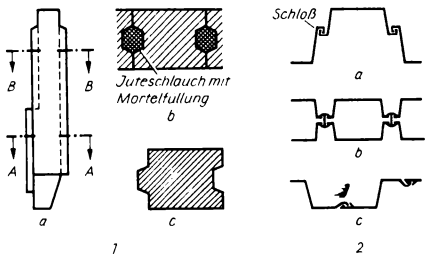
4) → Versatz.

Spund, in der Holzbearbeitung eine an der Längskante von Brettern, Bohlen oder Leisten ausgearbeitete Erhöhung, die in die → Nut des benachbarten Brettes o. a. greift. Die so geschaffene Holzbreitenverbindung bezeichnet man als **Spundung**; sie kann verschieden ausgeführt sein (Abb.) und kommt für Fußböden, Baracken- und Zwischenwände, Spundwände aus Holz u. dgl. in Betracht.

Spundwand, ein in das Erdreich eingerammtes wasserdichtes Flächentragwerk aus einzelnen Elementen, den **Spundbohlen**. Die Wahl des Baustoffes ist abhängig vom Baugrund, dem Wasserstand und der Zweckbestimmung der S. Verwendet werden Stahl, Stahlbeton, Spannbeton oder Holz. Spundbohlen aus Holz oder Stahlbeton werden meist durch Nut und Spund miteinander verbunden. Stahlspundwände besitzen zum Zwecke der Verbindung an ihren Längsseiten zug- und scherfeste Schösser.

Treten beim Einrammen von Spundwänden infolge der Haftreibung größere Widerstände auf, so unterstützt man das Rammen durch Spülen (→ Spülverfahren).

Spundwände dienen zur Umschließung von Baugruben, zur Einfassung von Ufern, Kaimauern, Schiffschleusen, Brückenpfeilern und Wehren; sie verhindern Unterspülungen und nehmen Erd- und Wasserdrücke auf.



Spundwand. 1 Stahlbetonspundbohle: a) Seitenansicht, b) Schnitt B-B, c) Schnitt A-A. 2 Stahlspundbohlen: a) Larssen-Profil-Bohlen, b) Union-Kasten-Bohlen, c) Hoesch-Profil-Bohlen

Spur, swv. → Spurweite.

Spurenelemente, 1) **Mikronährstoffe**, chemische Elemente, die im Gegensatz zu den → Makronährstoffen von den Pflanzen sowie vom menschlichen und tierischen Organismus in geringen Mengen benötigt werden und schon in Spuren für das biologische Geschehen von großer Bedeutung sind. Mangel an S.n. oder ihr Fehlen verursacht bei Menschen, Tieren und Pflanzen charakteristische Mangelkrankheiten. Für die Pflanzen sind vor allem Bor, Chlor, Kupfer, Mangan, Molybdän, Zink und Zinn wichtig, für Menschen und Tiere besonders Eisen, Fluor, Jod, Kobalt, Kupfer, Mangan und Zink. Viele Fermente, Hormone und Vitamine enthalten Spurenelemente (z. B. das Schilddrüsenhormon Thyroxin Jod, Vitamin B₁₁ Kobalt und Insulin Zink).

Lit. Scharer: Biochemie der S. (3. Aufl. Berlin u. Hamburg 1955); S. in der Landwirtschaft (dtsch. Berlin 1958).

2) chemische Elemente, die, schon in geringsten Mengen (meist unter 0,01 %) Legierungen zugesetzt, deren Eigenschaften wesentlich ändern.

S. haben besondere Bedeutung in der Halbleitertechnik.

Spurkranz, bei Rädern von Schienenfahrzeugen der an der Innenseite des Radreifens liegende erhöhte Wulst, der ein Abgleiten der Räder von der Schiene verhindert.

Spurlager, → Lager 1).

Spurofen, → Schachtofen.

Spurwechselradsatz, → Umspurung.

Spurweite, **Spur**, 1) bei Schienenfahrzeugen der lichte Abstand zwischen den Innenkanten der Schienenköpfe eines Gleises, 14 mm unter der Schienenoberkante und senkrecht zur Gleisachse gemessen. Die **Normalspur (Regelspur)** beträgt bei der Eisenbahn 1435 mm, sie ist bei etwa 62 % des Eisenbahnstreckennetzes der Welt eingeführt. Größere S.n bezeichnet man als **Breitspur**, kleinere als **Schmalspur**. Breitspur besitzen Finnland, die UdSSR, die Mongolische Volksrepublik (1524 mm); Brasilien, Irland, Südastralien (1600 mm); Spanien, Portugal, Teile Indiens, Argentinien, Ceylon, Chile (1076 mm). Schmalspur haben Teile Japans, Südafrika, Sudan, Teile Australiens (1067 mm, auch **Kapspur** genannt, da zuerst in Kapstadt angewendet), Teile Indiens Teile Südamerikas und Afrikas (1000 mm: **Meterspur**). Die Schmalspur für Klein- und Feldbahnen beträgt 600, 750 oder 1000 mm, im Braunkohlentagebau auch 800 mm. Über Spuränderung → Umspurung. Schmalspur gestattet eine bessere Anpassung an das Gelände. Die Fahrzeuge und mithin die Transporteinheiten sind kleiner. Auf Breitspur können größere Fahrzeuge und Lasten befördert werden. Deshalb haben auch Straßenbahnen meist Breitspur und nur noch gelegentlich Schmalspur verschiedener Abmessung. Die Vereinheitlichung auf Normalspur wird angestrebt.

2) bei Kraftwagen der Abstand zweier Räder (Reifenmitte) derselben Achse, auf der Standebene gemessen, bei Doppelbereifung der Abstand zwischen den Mitten der beiden Doppelreifen.

Sputnik [russisch, „Begleiter, Satellit“], 1) ursprünglich Bezeichnung für die ersten sowjetischen künstlichen Erdsatelliten; 2) später Bezeichnung für alle sowjetischen künstlichen Erdsatelliten.

SPW, Abk. für → Schützenpanzerwagen.

sr, Kurzsz. für → Steradian.

Sr, Symbol für → Strontium.

SSR, → Radar, Abschn. 3.

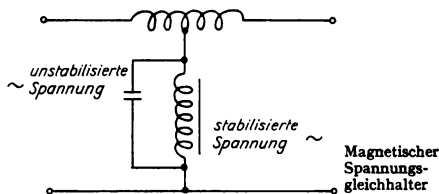
SST, Abk. für Schnellsetztechnik, → Setzen.

St, 1) Kurzsz. für → Stat. 2) Kurzsz. für → Stokes.

Stabilisator, 1) Chemie: ein Stoff, der reaktionsfreudigen oder leicht zersetzbaren Substanzen beigemischt wird, um eine vorzeitige Reaktion zu verhindern oder um diese Substanzen beständig zu machen. Außerordentlich wichtig sind die S.en für die Plastikchemie: Um beim Lagern der Monomeren spontane Polymerisation zu vermeiden, setzt man z. B. Hydrochinon, p-tert.-Butylbrenzkatechin oder Pyrogallol in geringen Konzentrationen von 10^{-2} bis 10^{-1} % zu. Auch die meisten Polymerisate müssen stabilisiert werden, damit eine durch Einwirkung von Licht, Wärme, Luftfeuchtigkeit und Luftsauerstoff hervorgerufene Beeinträchtigung ihrer Eigenstabilität (z. B. Kettenabbau, Verfärbung) ausgeschlossen bzw. zurückgedrängt wird.

2) Elektrotechnik: ein Gerät oder ein Geräteteil mit der Funktion, eine Frequenz, eine Spannung oder einen Strom auf einem gleichen Wert zu halten. Zur **Frequenzstabilisierung** werden Schwingkreisschaltungen (→ Schwingkreis), im Tonfrequenzbereich Stimmgabeln und im Hochfrequenzbereich Schwingquarze benutzt. Zur **Gleichhaltung von Wechselspannungen** dienen mechanische oder elektrische Regler (z. B.

Potentiometer). Für kleinere Leistungen eignen sich magnetische Spannungsgleichhalter (Abb.), die mit gesättigten Eisenkerntransformatoren arbeiten und deren stark nichtlineare Charakteristik ausnutzen. Zur **Stabilisierung von Gleichspannungen** werden außer Regelschaltungen mit Elektronenröhren und Transistoren häufig Zweipole



mit stark nichtlinearer Charakteristik verwendet. Die Spannung derartiger Zweipole muß für diese Zwecke in einem gewissen Bereich nahezu unabhängig von dem durch sie fließenden Strom sein. Sehr weit verbreitet sind Glimmspannungsteiler (Stabilisatorröhren, Spannungsregleröhren). Bei ihnen wird die nahezu konstante Brennspannung einer Glimmentladung (→ Gasentladung, → Glimmlampe) ausgenutzt. Glimmspannungsteiler enthalten meist mehrere hintereinandergeschaltete Glimmstrecken, um verschiedene Gleichspannungen entnehmen zu können. Zur Einhaltung der Bedingungen für die Glimmentladung muß vor die Stabilisatorröhre ein Widerstand geschaltet werden, der so bemessen wird, daß diese im unbelasteten Zustand gerade Nennstrom führt. Bei Belastung sinkt der Stabilisatorstrom ab, bei Überlastung verlischt die Glimmentladung. Immer häufiger werden zur Stabilisierung von Gleichspannungen Varistoren und Zenerdioden eingesetzt. Pufferbatterien aus Akkumulatoren werden benutzt, wenn kleinere Gleichspannungen bei größeren Belastungsströmen konstant gehalten werden sollen. Pufferbatterien werden parallel zur Spannungsquelle geschaltet und durch diese stets in geladenem Zustand gehalten. Sie übernehmen Belastungsspitzen wegen ihres geringen Innenwiderstandes nahezu ohne Spannungsabsenkung an den Klemmen.

Für die **Stabilisierung kleiner Ströme** werden neben Regelschaltungen mit Elektronenröhren und Transistoren auch nichtlineare Widerstände verwendet. Bekannt ist der Eisenwasserstoffwiderstand (Stromregleröhre). In einer Wasserstoffatmosphäre befindet sich ein bei Nennstrom rotglühender Stahldraht. Der Ohmsche Widerstand des glühenden Stahldrahtes steigt mit zunehmender Temperatur sehr stark an. Innerhalb eines bestimmten Spannungsbereiches ist der Strom durch den Draht und den Verbraucher (Reihenschaltung) dann von der angelegten Spannung nahezu unabhängig. Um den Einschaltstromstoß bei noch kaltem Eisendraht zu vermeiden, wird häufig ein Urdoxwiderstand (→ Heißleiter) in Reihe geschaltet. Eine derartige Kombination eines Eisenwasserstoff- und eines Urdoxwiderstandes nennt man Eisenurdoxwiderstand.

3) Kraftfahrzeugtechnik: → Kraftwagen.

4) Schiffbau: → Schlingern.

Stabilität, 1) allgemein svw. Festigkeit, Beständigkeit; → Standsicherheit.

2) die Eigenschaft von Schiffen, sich aus einer Seitwärtsneigung (**Querstabilität**) oder einer Neigung um die Querachse (**Längstabilität**) wieder aufzurichten. Das Verhalten des Schiffes bei einer Seitenneigung bis zu 3° bezeichnet man als **Anfangsstabilität**, die von der Form des Schiffskörpers abhängige S. als **Formstabilität**, die von der Gewichtsverteilung abhängige als **Gewichtsstabilität**.

Stabkräfte, in der Statik diejenigen Kräfte, die in den Stäben eines belasteten Fachwerkes auftreten. Zur Berechnung der in einem Fachwerkstab auftretenden Stabkraft wird die durch den Stab gegebene geometrische Bindung gelöst und diese Bindung durch eine Stabkraft ersetzt. Diese Stabkraft ist so zu bestimmen, daß das am Fachwerk vor der Beseitigung der geometrischen Bindung vorhandene Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Werden alle an einem Fachwerkknoten zusammentreffenden Stäbe geschnitten, so müssen die zugehörigen S. mit den an diesem Knoten angreifenden äußeren Kräften im Gleichgewicht stehen. Man kann somit für jeden Knoten eines ebenen bzw. räumlichen Fachwerks zwei bzw. drei Gleichgewichtsbedingungen als Bestimmungsbedingungen anschreiben. Enthält das Fachwerk k Knoten, so stehen demzufolge $2k$ bzw. $3k$ Gleichungen für die $s + t$ Stabkräfte zur Verfügung. Bei einem statisch bestimmten Fachwerk sind diese Gleichungen zur Bestimmung der unbekannten Kräfte bei gegebener Belastung ausreichend, bei einem statisch unbestimmten Fachwerk müssen zusätzliche Formänderungsbedingungen benutzt werden. Besondere Verfahren zur Stabkräfteermittlung sind → Rittersches Schnittverfahren und → Cremonaplan.

Stabstahl, ein → Profilstahl.

Stabwerk, in der Statik ein System von Stäben mit gerader, gekrümmter oder geknickter Stabachse, die in den Knoten- oder Eckpunkten biegesteif verbunden sind. Belastungen des S.s wirken im Unterschied zum Fachwerk an beliebiger Stelle auf das S. ein, so daß es auf Biegung, Zug, und Druck beansprucht wird. Auch die Stützung des S.s erfolgt an beliebiger Stelle. Zu den S.en gehören unter anderem → Bogen und → Rahmen.

Stadtgas, früher auch als **Leuchtgas** bezeichnet, ein Brenngas mit einheitlich festgelegten brenntechnischen Eigenschaften (TGL 79-11514). Der Heizwert beträgt 3400 bis 4300 kcal m⁻³ i. N. Im allgemeinen bestehen für S. folgende Gütevorschriften und Richtlinien: Gleichmäßiger Gasdruck an allen Stellen des Rohrnetzes von 60 mm WS (Wassersäule); gleichmäßige Verbrennungswärme im Bereich von 3800 bis 4200 kcal m⁻³ i. N.; gleichmäßige Gasdichte im Bereich von 0,5 bis 0,6 (bezogen auf Luft = 1); Gehalt an Sauerstoff unter 0,5 Vol. %; Gehalt an Schwefelwasserstoff unter 2 g je 100 m³ i. N. oder 0,2 g je m³ i. N. je nach Gasdruck; Gehalt an Ammoniak unter 0,5 g je 100 m³ i. N.; Gehalt an Naphthalin 5 bis 10 g je 100 m³ i. N. je nach Gasdruck. Die Zusammensetzung eines S.es beträgt etwa 5 Vol. % Kohlendioxid, 2 Vol. % schwere Kohlenwasserstoffe, 18 Vol. % Kohlenmonoxid, 50 Vol. % Wasserstoff, 19 Vol. % Methan und 6 Vol. % Stickstoff.

Herstellung. 1) *Entgasung* von Steinkohle in Gaswerken und Kokereien (→ Verkokung). 2) *Sauerstoffhochdruckverfahren* nach Lurgi (Abb.). Dieses Verfahren ermöglicht die Verwendung von nicht verkokbarer Kohle, insbesondere von Braunkohle. Die Kohle wird in Druckgasgeneratoren bei 20 bis 30 at mit technischem Sauerstoff

und Wasserdampf bei 500 °C vergast. Nach Kühlung des Rohgases und der Abscheidung von Benzin schließt sich die Entfernung von Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff an (→ Gasaufbereitung). Das unter einem Druck von 20 at stehende Reingas entspricht einem normgerechten S. und wird in das Ferngasnetz eingespeist. 3) *Thermische Spaltung* hochmolekularer Kohlenwasserstoffe (beispielsweise Öl, Schwelteer, Erdgas). Diese Spaltung erfolgt mit oder ohne Katalysatoren, wobei die Eigenschaften des Gases weitgehend variierbar sind. Da die Reaktion endotherm ist, müssen die Katalysatoren von Zeit zu Zeit wieder aufgeheizt werden. Die dabei entstehenden Rauchgase werden über einen Wärmeaustauscher abgeführt. Im Wärmeaustauscher wird die Verbrennungsluft, die den auf den Katalysatoren beim Spaltprozeß abgeschiedenen Kohlenstoff verbrennen soll, vorgewärmt. Auch hier schließt sich die Gasaufbereitung an. 4) *Verkokung* von Braunkohle nach dem Braunkohlenhochtemperaturverfahren. Die anfallenden Hochtemperaturgase erfordern zur Verwendung als S. Aufbereitung (besonders Entfernung von organischen Schwefelverbindungen) und Zumischung von Gasen mit höheren Heizwerten.

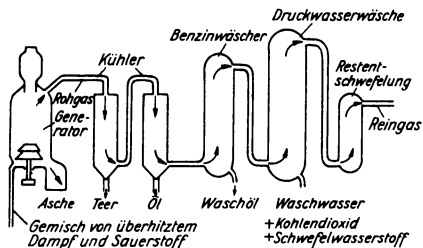
Stadtnebel, svw. → Smog.

Stadtschnellbahn, ein schnelles, leistungsfähiges Massenverkehrsmittel zur Bedienung des Personennahverkehrs in Ballungsgebieten. S.en verkehren stets auf eigenem Bahnkörper, meist in der → Zweiten Ebene, mit kurzen Zugabständen, nach Möglichkeit im starren Fahrplan. Sehr kurze Zugfolgezeiten setzen automatische Sicherungsanlagen voraus. S.en werden nach ihrem Fahrweg eingeteilt in klassische S.en und S.en in Sonderkonstruktion, vielfach als Einschienenbahnen bezeichnet, → Sonderbahnen. Klassische Zweischienen-S.en werden nach Betriebsführung und Fahrzeuggestaltung eingeteilt in → Schnellbahnen und → Metros mit speziellen Nahverkehrstriebwagen, die nur im eigenen Netz eingesetzt werden können, und → Stadt- und Vorortbahnen mit universell verwendbaren Fahrzeugen zur Bewältigung von Nahverkehrsaufgaben auf den Anlagen der Eisenbahn gemeinsam mit dem Fernverkehr. Den Übergang zwischen S. und Straßenbahn bildet die → Überlandbahn.

Stadt- und Vorortbahn, abg. SV-Bahn, eine gemeinsam mit dem Fernverkehr auf vorhandenen Eisenbahnanlagen geführte → Stadtschnellbahn zur Bedienung starker Personenverkehrsströme in Ballungsgebieten. SV-Bahnen können mit jeder Traktionsart betrieben werden, bei elektrischem Betrieb wird stets das Fernbahnstromsystem verwendet. Als Fahrzeuge dienen für Nahverkehrsaufgaben geeignete Eisenbahnfahrzeuge, bei geringen Anforderungen als Lokomotivzüge, zweckmäßigerweise im → Wendezugbetrieb. Leistungsfähige SV-Bahnen erfordern Triebwagenzüge. Sie müssen auch an niedrigen Bahnsteigen einen schnellen Fahrgastwechsel ermöglichen. Soweit es der Gemeinschaftsbetrieb mit den Fernbahnen zuläßt, verkehren die SV-Bahnzüge im starren Fahrplan. SV-Bahnen erfordern bei starkem Nah- und Fernverkehr eigene Gleise und besonders konstruierte Nahverkehrstriebwagen; sie gehen dann in Schnellbahnen über.

Stag n, im Schiffbau ein Drahtseil zur Abspannung von Masten, Klüverbäumen (**Bug- und Wasserstag**) u. a. in Schiffslängsrichtung oder schräg nach hinten (**Pardun**). Auf Segelschiffen und Segelbooten werden an den S.en Stagsegel gesetzt (→ Segel). Unterschied: → Want.

Stahl, eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit einem Kohlenstoffgehalt bis zu 2,052 Prozent, die sich ohne Nachbehandlung schmieden, pres-



Schema der Stadtgasgewinnung nach dem Sauerstoffhochdruckverfahren nach Lurgi

sen, walzen und auch in vorbereitete Formen gießen läßt.

Wie kein anderer metallischer Werkstoff paßt sich S. in seinen Eigenschaften durch Legieren, Wärmebehandlung und Kaltverformung den vielfältigen Anforderungen der modernen Technik an. So kann man die Zerreißfestigkeit von etwa 18 kp mm⁻² auf über 400 kp mm⁻², die Magnetisierbarkeit z. B. in Form der Permeabilität von 1 bis auf 2000000 verändern. Durch Legierung der Stahlschmelze, auch durch Wärmebehandlung oder Oberflächenbehandlung des fertigen oder fast fertigen Stahlteils lassen sich viele Eigenschaften, z. B. Festigkeit, Härte und Zähigkeit oder Rost- und Zunderbeständigkeit, erzielen und verändern. Dadurch ist es möglich, je nach Bedarf zunächst die für die Ver- und Bearbeitung günstigsten Eigenschaften und erst zum Schluß die für die Verwendung gewünschten Eideigenschaften zu erzielen.

Die Erzeugung von S. geht von dem aus Eisen-erzen gewonnenen Roheisen mit Schrott oder nur von Schrott aus, → Stahlerzeugung.

Einteilung der Stähle. Nach dem Erzeugungsverfahren unterscheidet man z. B. **Thomasstahl**, **Bessemerstahl**, **Siemens-Martin-Stahl** (abg. SM-Stahl), **Elektrostahl** (abg. E-Stahl), **Sauerstoffaufblasstahl** (→ Stahlerzeugung), nach der Formgebung z. B. **Schmiedestahl**, **Walzstahl**, **Formgußstahl** (→ Stahlformguß), nach besonderen Eigenschaften z. B. **hitzebeständigen S.** (mit erhöhter Zunderbeständigkeit oberhalb 550 °C), **rostbeständigen (korrosionsbeständigen) S.**, **warmfesten S.** (mit gesteigerter Festigkeit bei Temperaturen bis 600 °C).

Nach dem Grad der Desoxydation kann man Stähle einteilen in → beruhigten Stahl und → unberuhigten Stahl.

Oft unterteilt man die Stähle nach ihrem Gefügebau in ferritische, halferritische, perlitische, martensitische und austenitische Stähle (→ Ferrit, → Perlit, → Martensit, → Austenit).

Nach der Zusammensetzung unterscheidet man unlegierten und legierten S. **Unlegierter S.** wird in großen Mengen (**Massenstahl**) gebraucht und nach dem Siemens-Martin-, Sauerstoffaufblas-, Thomas- oder Bessemer-Verfahren hergestellt. **Legierter S.** wird im Elektroofen, Siemens-Martin-Ofen oder Sauerstoffaufblastiigel erschmolzen. Es ist ein S., dem zur Erlangung einer gewünschten Eigenschaft genau bemessene Mengen an weiteren Legierungselementen zugesetzt werden. Man unterscheidet niedrig legierte Stähle (bis etwa 5 % Legierungsgehalt) und hochlegierte Stähle (über 5 % Legierungsgehalt). Die hauptsächlich verwendeten Legierungselemente sind Mangan, Nickel, Kobalt, Chrom, Molybdän, Wolfram, Titan, Vanadin, Kupfer, Silizium, Bor, Niob, Tantal und Aluminium, seit einiger Zeit verwendet man auch Seltenerdmetalle als Legierungselemente. Jedes dieser Elemente hat bestimmte charakteristische Wirkungen. Aus der Zahl der Legierungselemente, ihrer Anwendbarkeit für sich allein oder in Verbindung miteinander und in Verbindung mit Kohlenstoff ergibt sich eine Vielzahl von Möglichkeiten, die Werkstoffeigenschaften von S. zu beeinflussen.

Nach der Verwendung unterscheidet man Bau- und Werkzeugstahl, die beide je nach den technischen Anforderungen unlegiert oder legiert sein können. 1) **Baustähle** werden im Maschinen-, Fahrzeug-, Stahl- und Stahlbetonbau verwendet, jedoch im allgemeinen nicht für Werkzeuge. Unlegierte Baustähle (Massenstahl) sind Maschinenbaustahl (geschmiedet, gewalzt), → Profilstahl, Schraubenstahl, Nietstahl, Kettenstahl zum Warmstauchen, Stahlbleche, Stahlrohr, Stahldrähte und Drahtgewebe. Zu den legierten Baustählen zählt man im allg. folgende Stähle:

→ **Automatenstahl**, rost- und säurebeständigen S. (mit mindestens 13 % Chrom, dazu meist mit Nickel, Mangan, Molybdän, Titan und Niob legiert), hitze- und zunderbeständigen S., Federstahl, Ventilstahl, verschleißfesten S., druckwasserstoffbeständigen S., → **Einsatzstahl**, → **Vergütungsstahl**, ferner Kaltstauchstähle, Nitrierstähle, Inchromierstähle, Stähle für Drähte und Turbinenschaufelstähle. Walzlagerstähle werden je nach Verwendungszweck zu den Bau- oder Werkzeugstählen gerechnet. 2) **Werkzeugstähle** sind Stähle, die man hauptsächlich zur Herstellung von Werkzeugen für die spanlose und spanende Formgebung verwendet. Unlegierte Werkzeugstähle haben im allgemeinen einen Kohlenstoffgehalt von 0,6 bis 1,3 %. Sie werden für Holzbearbeitungswerkzeuge, Hämmer, Ambosse, Meißel, Stichel, Schnitte, Gesteinswerkzeuge, Meßwerkzeuge u. a. verwendet. Legierte Werkzeugstähle unterteilt man in a) **Kaltarbeitsstähle** für Spanzeuge, Meßzeuge, Kaltschlag- und Druckluftwerkzeuge, Schneidwerkzeuge (z. B. Scheren, Messer, Fräser, Feilen, Gewindeschneidwerkzeuge u. a.), → **Riffelstahl**, b) **Warmarbeitsstähle** für Warm-scheren und -schnitte, Gesenke, Druckguß- und Spritzgußformen, Preßdorne, Pilgerdorne, Kunststoffmatrizen u. a. und c) → **Schnellarbeitsstähle** für Schneidwerkzeuge, z. B. Fräser, Bohrer, Drehmeißel, Hobelmeißel u. a. Legierte Kaltarbeitsstähle enthalten Kohlenstoff von 0,15 bis 2,10 %, legierte Warmarbeitsstähle von 0,30 bis 0,60 %. Stähle beider Gruppen sind meist mehrfach mit Nickel, Chrom, Molybdän, Wolfram und Vanadin legiert. Schnell-arbeitsstähle sind mit Kohlenstoff von etwa 0,70 bis 1,40 %, Kobalt, Chrom, Molybdän, Wolfram und Vanadin legiert. Je nach Legierungsart kann man unterscheiden zwischen Werkzeugstählen hoher, mittlerer und geringer Schnittleistung.

Lit. Benser: *Kleine Werkstoffkunde, Stahl und Eisengußlegierungen*, 2 Bde (Leipzig, Bd 1 12. Aufl. 1967, Bd 2 9. Aufl. 1967); Gmelins Handb. der anorganischen Chemie, Syst. Nr. 59 (Weinheim/Bergstraße): Hoff, Heerhaber und Meyer: *Eisen und S. nebst Ferro- und Desoxydations-Legierungen* (München 1961); Houdremont: *Handb. der Sonderstahlkunde* (3. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956); Koloc: *Werkstoff-Kartei Koloc, Baustähle* (Leipzig 1953); Küntschner und Werner: *Technische Arbeitsstähle* (2. Aufl. Berlin 1964); Odenhausen: *S., Baustoff und Werkstoff* (Düsseldorf 1963); Pospisil: *Korrosions- und zunderbeständige Stähle* (dtisch Leipzig 1963); Tabellenb. für Stahlverbraucher (6. Aufl. Leipzig 1965); Handb. für den Stahlbau, Bd 2 Vorschriften (Berlin 1964); Küntschner u. Kulke: *Baustähle der Welt* (Bd 1 Leipzig 1964); Mönkemöller u. Holtzhausen: *Stahlfibel* (Düsseldorf 1964); *Qualitäts- und Edeltähle der Deutschen Demokratischen Republik* (Leipzig, Bd 1 2. Aufl. 1966, Bd 2 1966).

Stahlbau, eine Bauweise, bei der hauptsächlich Stahl (T-Träger, Profilstahl, Stahlrohre, Stahlbleche) für die Tragkonstruktionen benutzt wird. Der S. wird angewendet im Stahlohochbau (z. B. Stahlskelettkonstruktionen für Funktürme, Hochhäuser, Industriehallen), im Brückenbau, im Wasserbau (z. B. Wehre, Schwimmdocks), im Freileitungsbau (z. B. Hochspannungsmasten), im Kran- und Förderanlagenbau (z. B. Förderbrücken, Abraumgeräte), im Behälterbau (z. B. Gasbehälter, Silos). Die einzelnen Teile der Tragkonstruktion können lösbar durch Schrauben oder Bolzen, unlösbar durch Nietung, Schweißung, an den Knotenpunkten meist mit Knotenblechen, oder auch durch Metallkleben zusammengebaut werden. Im **Stahlohochbau** müssen die Stahlteile feuerhemmend ummantelt werden. Die Stahlteile müssen zum Schutz gegen Korrosion angestrichen werden. Beim **Stahlleichtbau** wird durch Verwendung hochwertiger Stahlsorten mit hohen zulässigen Spannungswerten oder durch Vorspannung der Stahltragwerke das Verhältnis von Eigenmasse zu Nutzlast verbessert und Material eingespart.

Vorteile: günstiges Verhältnis von Eigenmasse zu Nutzlast; die geringen Ausmaße der tragenden Elemente lassen größte Raumaussnutzung zu; Änderungen können mit einfachen Mitteln durch Verstärkung der Tragteile leicht vorgenommen werden; wegen der Elastizität des Stahls und auch z. T. der Verbindungen gehen Setzungen unempfindlich. Nachteile: Stahlbauten erfordern ständige Pflege zum Schutz gegen Korrosion, Gefahr der Verformung bei Hitzeeinwirkung.

Lit. Gregor: Der praktische S. (3. Aufl. Berlin 1966); Kurth: S. (Leipzig, Bd I 6. Aufl. 1967, Bd II 1958); Meynig: Konstruktion und Bemessung im S. (Berlin 1966); Handb. für den S., 2 Bde (Berlin, Bd I 2. Aufl. 1965, Bd 2 1965).

Stahlbeton (Tafel 40), **bewehrter Beton**, früher **Eisenbeton**, mit Stahleinlagen versehener Beton, wobei der Beton die Druck-, der Stahl die Zugspannungen und größere Schubspannungen aufnimmt. Der Stahl wird dort als **Bewehrung** des Betons eingelegt, wo Zugspannungen auftreten (Biegezone). Das Zusammenwirken von Beton und Stahl beruht auf der Haftfähigkeit des Betons am Stahl sowie auf dem nahezu gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten beider Stoffe. Der Stahl muß völlig vom Beton umhüllt sein; beim Erhärten schwindet der Beton und haftet am Stahl fest.

Die Verbundwirkung ist um so höher, je größer die Haftfläche, d. h. die Stahloberfläche, ist. Daher besteht die Bewehrung aus einer Vielzahl von Stahlstäben, die in bestimmten Abständen voneinander verlegt werden. Als Bewehrungsstahl benutzt man vorwiegend Rundstahl, seltener Sonderstäbe und Baustahlgewebe. Schubspannungen werden durch Aufbiegungen der Stahleinlagen oder durch Bügel aufgenommen. Gegen die Balkenaufleger nehmen die Schubspannungen zu, darum werden zum Auflager hin die Bügel in geringerem Abstand voneinander verlegt. Bei den Zuggliedern dürfen die Stahleinlagen nicht gestoßen werden, sie müssen sich gut überdecken oder geschweißt werden.

Der S. besitzt große Feuerbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen. Er wird dort verwendet, wo große Verkehrslasten aufzunehmen sind, z. B. für Lagerhäuser, Silos, Fabrikgebäude, Brücken usw.; → Stahlbetonbau.

Beim **Glasstahlbeton** werden Glasprismen dertart in Stahlbetonrippen eingebunden, daß sie bei Biegebeanspruchung die Druckzone bilden. Anwendung für Oberlichter in massiven Dächern und für begehbbare Abdeckungen von Kellerlichtschächten.

Eine Weiterentwicklung des S.s ist der → **Spannbeton**.

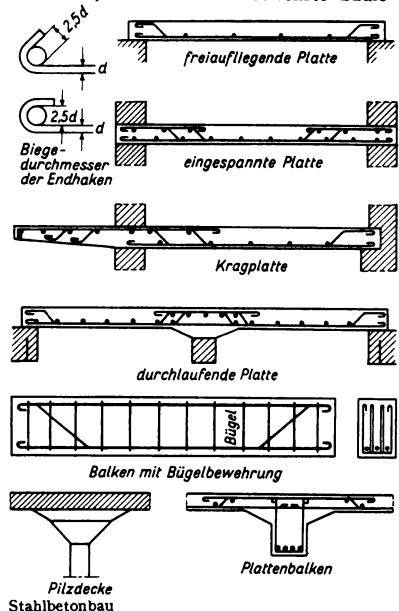
Beim **Stahlsaitenbeton** werden zahlreiche dünne Rundstäbe (2 bis 3 mm Querschnitt, Streckgrenze 24 000 kp/cm²) in hochwertigen Beton (Betonzeile bis 600 B = Druckfestigkeit bei 600 kp/cm²) eingelegt und wie beim Spannbeton gespannt (Vorspannung 12 000 kp/cm²). Die Stahlsaiten gegenüber der schlaffen Bewehrung beträgt etwa 80 %. Der Stahlsaitenbeton wird hauptsächlich bei der fabrikmäßigen Herstellung von Balken- und Deckenteilen verwendet.

Lit. Brendel: Stahlbetonbau unter Berücksichtigung des Spannbetons (4. Aufl. Leipzig 1963); Ermer u. Schulze: Vom S. zum Spannbeton (Berlin 1962); Mlosch: Betontaschenb., Bd II (Berlin 1964); Meynik: Stahlbetonbau (Berlin 1966); → Beton.

Stahlbetonbau, eine Bauweise, bei der alle statisch und dynamisch beanspruchten massiven Bauteile aus bewehrtem Beton (→ Stahlbeton) in vorbereiteten Schalungen aus Holz, Blechtafeln oder Kunststoff hergestellt werden. Der zwischen die Bewehrung eingebrachte Beton

muß mit Rüttelgeräten (Außen- und Innenrüttler) gut verdichtet werden. Der S. findet Anwendung im Hochbau (→ Skelettbau), im Brückenbau, im Wasserbau (z. B. Talsperren, Docks), im Tiefbau (z. B. Tunnel, Stollen, Kanalisationen), im Straßenbau (z. B. Fahrbetondecken), für Spezialbauten (z. B. Silos, Wasserbehälter, Fernsehtürme, Schornsteine).

Konstruktive Grundformen des S.s sind: einfach bewehrter Balken, doppelt bewehrter Balken, einfach bewehrte Platte (freiaufliegend, eingespannt oder über mehrere Felder, Unterstützungen durchlaufend), kreuzweise bewehrte Platte, Kragplatte, Plattenbalken, Pilzdecke, → Schale, ferner einfach bewehrte Säule und



Säule mit Spiralbewehrung. **Stahlbetonfertigteile** werden serienmäßig in Betonwerken im Gleitverfahren (Gleitfertiger) oder in stehenden Batterien oder liegenden Formen (Matrizen) hergestellt und nach dem Erhärten zur Baustelle transportiert und montiert. Die Vorteile der Vorfertigung von Stahlbetonbauteilen bestehen darin, daß hierbei die neuesten Erkenntnisse der Bontechologie besser angewendet werden können, höhere Betonfestigkeiten (450 oder 600 kp/m²) erzielt und außerdem Schalungen eingespart werden.

Lit. → Stahlbeton.

Stahlblau, → Berliner Blau.

Stahldruck, ein in der Keramik angewandtes Dekorationsverfahren. In eine Stahlplatte wird der Dekor (meist Ornamente) eingraviert oder geätzt. Die Vertiefungen werden mit einer Paste aus keramischen Farben und Firnis ausgefüllt. Anschließend wird der Dekor mit Hilfe einer Presse auf dünnes Papier und von dort durch Aufwalzen auf den zu verzierenden Gegenstand übertragen.

Stahleisen, ein im Hochofen hergestelltes → Roheisen, das in Stahlschmelzaggregaten, z. B. Siemens-Martin-Öfen, Elektrolichtbogenöfen, zu Stahl verarbeitet wird. Es enthält 3 bis 4 % Kohlenstoff, bis 1 % Silizium, 2 bis 6 % Mangan, 0,08 bis 0,12 % Phosphor und bis 0,04 % Schwefel. Sein Einsatz in die Schmelzöfen erfolgt flüssig oder in fester Form als Massel. Phosphorreiches Roheisen enthält etwa 1,5 bis 2,5 % Phosphor. Es

wird zur Stahlherstellung im Thomaskonverter oder LDAC-Konverter eingesetzt.

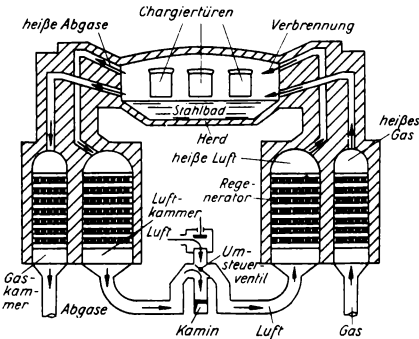
Stahlerzeugung (Tafel 26, 27), geht vorwiegend von dem im Hochofen oder Niederschachtofen aus Eisenerzen erzeugten Roheisen aus, dessen Kohlenstoffgehalt von etwa 3,5 bis 4,5% durch Oxydation (→ Frischen) auf den für die jeweilige Stahlsorte (→ Stahl) erforderlichen Gehalt vermindert wird. Die direkte S. durch unmittelbare Reduktion von Erzen zu Stahl konnte sich im industriellen Maßstab noch nicht durchsetzen, dagegen ist das → Renn-Verfahren in Anwendung. Je nach Erzeugungsverfahren wird außerdem Schrott in unterschiedlichen Mengen als Ausgangsprodukt für die Stahlerzeugung eingesetzt.

Bei den heutigen Stahlerzeugungsverfahren gewinnt man den Stahl als Flußstahl, d. h. in schmelzflüssigem Zustand, wobei sich die ebenfalls flüssige Schlacke gut abscheidet. Nach der Technologie unterscheidet man Herdfrisch- und Blasverfahren (Schema). 1) Bei den Herdfrischverfahren wird Wärmeenergie in Form von Gas oder Elektroenergie zugeführt, das Roheisen wird in flüssigem oder festem Zustand mit Schrott und Erz oder nur mit Schrott zu Stahl verarbeitet. Zu den Herdfrischverfahren gehören das Siemens-Martin- und das Elektroschmelzverfahren. 1) Das **Siemens-Martin-Verfahren** (abg. **SM-Verfahren**) geht auf Friedrich und Wilhelm Siemens sowie die Franzosen Emile und Pierre Martin

Schrott oder Schrott und Eisenerze zu Stahl zu verarbeiten. Beim SM-Verfahren werden die Eisenbegleiter Kohlenstoff, Silizium und Mangan durch die Frischwirkung der heißen, oxydierenden Flammengase, zum Teil auch durch den dem Schrott anhaftenden Rost (Sauerstoffverbindung) oder durch den Sauerstoff der zugesetzten Eisenerze oxydiert. Die Auskleidung der Öfen und die Schlackenführung können sauer (saurer SM-Verfahren) oder basisch (basisches SM-Verfahren) sein. Da beim basischen SM-Verfahren die Schmelze auch entschwefelt und entphosphort werden kann, eignet sich dieses besonders zur Erzeugung von Stahl aus unsauberem und unsortiertem Schrott. Seit einigen Jahren wird der flüssigen Badoberfläche im SM-Ofen reiner Sauerstoff zugeführt (→ Sauerstoffmetallurgie). Die anfallende Schlacke (Siemens-Martin-Schlacke) wird als Zuschlagstoff für Schwerbeton und als Straßenbaustoff verwendet.

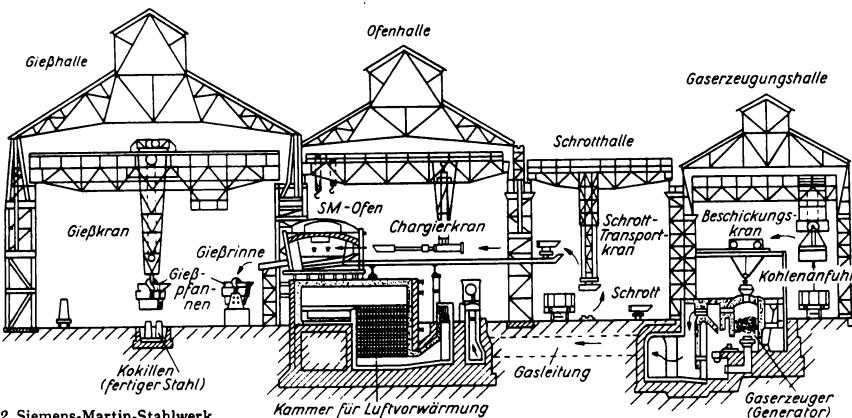
2) Das **Elektroschmelzverfahren** wurde 1880 von Wilhelm Siemens eingeführt. Es erfolgt im → Elektroofen (Lichtbogen- oder Induktionsofen), in dem man sehr hohe Temperaturen genau erreichen kann und der sich daher besonders für die Herstellung von legierten Stählen bester Qualität eignet. Es können im Gegensatz zu dem SM-Verfahren und den Blasverfahren Stähle beliebiger Legierungsgehalte hergestellt werden.

II) Die Blasverfahren decken den notwendigen Wärmearaufwand durch die Verbrennung der Begleitelemente des Roheisens, wie Kohlenstoff, Silizium, Mangan und Phosphor, durch den Wind (atmosphärische oder mit Sauerstoff angereicherte Luft) oder mittels reinen Sauerstoffs und verwenden flüssiges Roheisen unter Zusatz von Kühlschrott. Zu den Blasverfahren gehören die bodenblasenden Verfahren und das Sauerstoffaufblas-Verfahren. 1) Bei den **bodenblasenden Verfahren** (Windfrischverfahren) unterscheidet man das Bessemer- und das Thomas-Verfahren. a) Das **Bessemer-Verfahren** wurde 1854 von dem Engländer Henry Bessemer eingeführt. Der Frischprozeß des Roheisens erfolgt in einem mit saurem Futter ausgekleideten → Konverter, der *Bessemerbirne*. Man stellt den Konverter waagrecht und füllt das Roheisen flüssig ein. Daraufhin wird Wind unter Aufrichten des Konverters von unten durch das Roheisenbad hindurchgeblasen, was eine schnelle Verbrennung des Kohlenstoffs und der übrigen Eisenbegleiter (Silizium, Mangan u. a.) bewirkt. Wegen der sauren Gefäßauskleidung kann nur phosphorarmes Roheisen verarbeitet werden. Die anfallende Schlacke (Bessemer-schlacke) wird wie die Siemens-Martin-Schlacke verwendet.



1 Siemens-Martin-Ofen (Längsschnitt)

zurück. F. und W. Siemens ermöglichten es, mit Hilfe der Regenerativfeuerung und einer neuen Ofenbauart, dem Siemens-Martin-Ofen (Flammofen mit muldenförmigem Herd), eine erheblich höhere Temperatur zu erreichen. E. und P. Martin wandten diese neue Feuerungsart 1864 an, und es gelang ihnen, Roheisen durch zugesetzten



2 Siemens-Martin-Stahlwerk

b) Das **Thomas-Verfahren** wurde 1878 von Sidney Gilchrist Thomas eingeführt. Es gleicht dem Bessemer-Verfahren, nur ist der Konverter, die *Thomasbirne*, mit basischem Futter (z. B. Dolomit) ausgekleidet, so daß phosphorreiches Roheisen verblasen werden kann. Der Schmelze wird gebrannter Kalk zugesetzt, wodurch sich eine mit Phosphor angereicherte Schlacke (Thomasschlacke) ergibt, die feingemahlen ein wertvolles Düngemittel ist (Thomasmehl).

Durch Zusatz von Sauerstoff zum Wind bzw. durch Anwendung sauerstoffangereicherter Luft oder durch Zusatz von Sauerstoff mit Wasserdampf oder Kohlendioxid ist man bei den bodenblasenden Verfahren bestrebt, den relativ hohen Stickstoffgehalt des Stahls zu senken. Über die Erhöhung des Sauerstoffgehaltes des Windes durch Zugabe von reinem Sauerstoff → Sauerstoffmetallurgie.

2) Das **Sauerstoffaufblas-Verfahren** wurde 1951 erstmalig angewendet und ist in rascher Weiterentwicklung begriffen. Im Gegensatz zu den bodenblasenden Verfahren wird reiner Sauerstoff (99,6 %) von oben mittels Lanze auf die Badoberfläche geblasen. Durch die speziellen metallurgischen Bedingungen und die im Brennpunkt konzentrierten hohen Temperaturen (etwa 2500 °C) verlaufen die Frischreaktionen so schnell, daß je nach Konvertergröße Schmelzleistungen von 50 bis 200 t/h erreicht werden können. Die erreichte Stahlqualität kommt der Qualität von Siemens-Martin-Stahl gleich. Es kann praktisch jede Roheisensorte verblasen werden. Infolge des Fortfalls des Stickstoffballastes können im Aufblaskonverter bis zu 40 % Schrott geschmolzen werden gegenüber etwa 8 % Schrott beim klassischen Konverter. Neben dem ersten Verfahren, dem **LD-Verfahren** (Abk. für Linz-Durrer-Verfahren), wurden inzwischen weitere Sauerstoffaufblas-Verfahren entwickelt, z. B. das **LDAC-Verfahren** (Abk. für Linz-Durrer-ARBED-CNRM-Verfahren; ARBED = Abk. für Aciéries réunies de Burbach Eich-Dudelange, CNRM = Abk. für Centre National de Recherches Metallurgiques), das **OLP-Verfahren** (Abk. für Oxygène-Lance-Poudre-Verfahren), das **LDP-Verfahren** (Abk. für Linz-Durrer-Pompey-Verfahren), das **Caldo-Verfahren** und das **Rotor-Verfahren**. Diese Verfahren unterscheiden sich in den technischen Einzelheiten, metallurgisch liegen die Verhältnisse überall ähnlich.

Zur Erzeugung von Werkzeugstählen und legierten Stählen wurde 1840 von Friedrich Krupp ein Verfahren entwickelt, bei dem hochwertiger Rohstahl mit Legierungen in einem Tiegelofen umgeschmolzen wird. Tiegelstahl ist durch Elektrostahl weitgehend verdrängt worden.

Bei allen Stahlerzeugungsverfahren erfolgt nach dem Frischen die → Desoxydation und die

Regelung der chemischen Zusammensetzung durch Legierungszusätze. Nach dem Grad der Desoxydation unterscheidet man → unberuhigten Stahl, halbberuhigten Stahl und → beruhigten Stahl. Die fertige Stahlschmelze wird in eine Gießpfanne abgestochen. Das → Gießen von Stahl erfolgt in → Kokillen zu Stahlblöcken (beim → Blockguß), in einer Stranggußanlage zu Strangsträngen (beim → Strangguß) oder in Formen zu → Stahlformguß (beim → Formguß). Nach dem Erkalten der Blöcke werden die Kokillen abgezogen und die Blöcke entweder auf den Lagerplatz gebracht oder in besondere Wärmeöfen (Tieföfen) eingesetzt und auf Walztemperatur gebracht. Im → Walzwerk erfolgt dann die Verformung der Blöcke oder Stränge auf die verschiedensten Profile und Abmessungen. Der gewalzte Stahl wird zur Erzielung bestimmter Eigenschaften häufig noch einer → Wärmebehandlung unterworfen.

Sonderschmelzverfahren. Zur Erzeugung von Qualitätsstählen mit Sondereigenschaften werden verschiedene Verfahren des Umschmelzens von Stählen im Hochvakuum angewendet (→ Vakuummetallurgie). Die umgeschmolzenen Stähle zeichnen sich durch hohe Reinheit (geringste Schlackeneinschlüsse und Gasgehalte) und dementsprechend wesentlich bessere Eigenschaften aus. Weitere Sonderschmelzverfahren sind das Elektroschlacke-Umschmelzverfahren und das Plasma-Schmelzverfahren. Gegenwärtig wird nur das **Elektroschlacke-Umschmelzverfahren** großtechnisch angewendet. Dabei wird eine gegossene oder gewalzte Elektrode mittels eines Lichtbogens umgeschmolzen. Das flüssige Metall tropft durch eine flüssige Schlacke und wird dadurch insbesondere von nichtmetallischen Einschlüssen befreit. Beim **Plasma-Schmelzverfahren** wird Schmelzwärme von Plasmabrennern erzeugt. Beide Verfahren arbeiten unter Atmosphärendruck.

Lit. Bardin: Anwendung von Sauerstoff bei der S. (dtsh Berlin 1959); Eichel: Das basische Windfrischverfahren (Berlin 1952); Leikin: Das Schmelzen von Stahl im Elektrofen (dtsh Berlin 1953); Leitner u. Plöckinger: Die Edeltahlerzeugung (2. Aufl. Wien, New York 1965); H. Müller: Elektrostahlerzeugung nach dem Umschmelzverfahren (Berlin 1953); Technologischer und metallurgischer Ablauf von Aufbauschmelzen im basischen Lichtbogenofen (Berlin 1954); Okorokow: Elektrische Schmelzöfen für die Eisenmetallurgie (dtsh Berlin 1953); Sommer u. Plöckinger: Elektrostahlerzeugung (2. Aufl. Düsseldorf 1964); Trubin: Der Siemens-Martin-Prozeß (dtsh Berlin 1953); Perlow u. Kwikto: Die Stahlerzeugung in Sauerstoffkonvertern (dtsh Leipzig 1967); → Stahl, → Metallurgie.

Stahlflasche, Bombe, ein nahtlos gezogener schlanker Hohlkörper aus zähem Flußstahl mit bis zu 80 kp mm⁻² Zugfestigkeit. S.n. dienen zur Beförderung bis zu 200 at verdichteter Gase (→ Flaschengas). Zur Entnahme des Gases ist auf die S. ein Druckminderventil (Reduzier-

Die Verfahren der Stahlerzeugung

Herdfrischverfahren		Blasverfahren		
Stahlerzeugungsverfahren	Siemens-Martin-Verfahren	Elektroschmelzverfahren Lichtbogen-Induktions- verfahren	bodenblasende Verfahren (Windfrischverfahren) Bessemer-Thomas- Verfahren	Sauerstoffaufblas-Verfahren: LD-, LDAC-, OLP-, LDP-, Caldo-, Rotor-Verfahren
Aggregate	Siemens-Martin-Ofen	Lichtbogen-Induktions- ofen	bodenblasender Konverter (Bessemer- bzw. Thomasbirne)	Aufblaskonverter
Rohstoffe	Roheisen flüssig Roheisen fest Schrott Erz	Roheisen fest legierter legierter Schrott klassierter Schrott	Roheisen flüssig phosphor-phosphor- arm reich Kühlschrott	Roheisen flüssig phosphor-phosphor- arm reich Schrott Schrott
Produkte	unlegierter Stahl niedriglegierter Stahl	unlegierter Stahl niedriglegierter Stahl hochlegierter Stahl	unlegierter Stahl	unlegierter Stahl niedriglegierter Stahl

ventil) aufzusetzen. Der Inhalt ist durch einen Farbanstrich kenntlich gemacht, z. B. bedeutet blau Sauerstoff, rot Wasserstoff, grün Stickstoff, gelb Äthin.

Stahlformguß, jeder in Formen gegossene Stahl (→ Formguß). S. kann man einsatzhärten und vergüten; er wird als Werkstoff dort verwendet, wo die Festigkeitseigenschaften von Gußeisen nicht mehr ausreichen. Da S. keiner nachträglichen spanlosen Formgebung unterzogen wird, müssen durch Zulegieren bestimmter Elemente, z. B. Mangan, Silizium, Chrom, Nickel, Molybdän, bestimmte Eigenschaften erzielt werden, z. B. Korrosions-, Verschleiß-, Hitze- oder Warmfestigkeit. Gleichzeitig können besonders komplizierte Werkstückformen hergestellt werden, z. B. Schiffsschrauben aus korrosionsbeständigem Stahl mit 14 % Chrom und 1 % Nickel oder Turbinengehäuse aus warmfestem Stahl. Verschleißfestigkeit weist besonders der austenitische Hartmanganstahl (1,2 % Kohlenstoff, 12 % Mangan, 1,2 % Chrom) auf, dessen Festigkeit von etwa 40 kp mm⁻² im gegossenen Zustand auf über 100 kp mm⁻² ansteigt.

Stahlkies, Stahlsand, ein aus Stahldrahtteilchen bestehendes Strahlmittel (→ Strahlen). Es wird an Stelle von Sand im Sandstrahlgebläse verwendet und ermöglicht ein staubfreies Strahlen von Werkstückoberflächen.

Stahlstich, das Einarbeiten einer Zeichnung oder eines Musters in eine Stahlplatte durch Einstechen und Gravieren; auch den Abdruck davon bezeichnet man als S. Die Platte wird vor der Bearbeitung blank poliert, gegläht und mit Wachs überzogen. Während man künstlerische S.e in freier Sticheltechnik herstellt, werden Ornamente, Muster und Untergründe, z. B. für Banknoten, Wertpapiere, Briefmarken u. a., mit Hilfe von Gravier- oder Guillochiermaschinen eingestochen. Vor der Vervielfältigung, die im Tiefdruck auf Prägepressen geschieht und sehr scharfe Drucke ergibt, härtet man die Druckplatte wieder.

Stalagmit, Stalaktit, → Tropfstein.

Stallungstreuer, Stalmiststreuer, ein Fahrzeug mit Streueinrichtung zum gleichmäßigen Verteilen von Stallung auf das Feld. Der Dung liegt auf einem Plattformwagen, der als Einachs- oder Zweiachstraktorhänger mit oder ohne Triebachse ausgebildet ist. Das Abstreuen geschieht entweder seitlich zur Fahrtrichtung (**Seitenstreuer**) oder nach hinten (**Heckstreuer**). Das Streuwerk besteht in den meisten Fällen aus zwei übereinanderliegenden, horizontal arbeitenden Zinkenrommeln mit gleichem Drehsinn. Sie lockern den Dung auf und werfen ihn nach hinten ab. Moderne S. besitzen abnehmbare Streuorgane. Zuführt wird der Dung den Streuelementen meist durch einen endlos umlaufenden Rollboden oder einen Kratzerförderer. Der Antrieb der Zufuhr- und Streuorgane erfolgt über die Zapfwelle des Traktors.

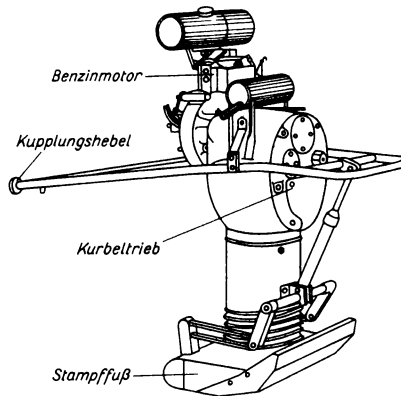
Stallentmistungsanlagen, svw. → Entmistungsanlagen.

Stallmiststreuer, → Stallungstreuer.

Stampfen, die vom Seegang verursachte periodische Bewegung eines Schiffes um seine Querachse, wobei sich Bug und Heck abwechselnd senken und heben. Unterschied: → Schlingern.

Stamper, zuweilen fälschlich als **Ramme** bezeichnet, eine Einrichtung zum Einbauen von Pflasterung und zur Verdichtung besonders von Bodenmassen. 1) Der **Handstamper** ist ein eiserner Stempel, den man mit beiden Händen anhebt und dann frei auf die Pflastersteine herunterschleudert. Handstamper sind veraltet. 2) **Motorstamper** werden elektromotorisch, pneumatisch oder durch einen Benzinmotor angetrieben. Mittels Elektromotor angetriebene **Elektrostamper** und durch einen Benzinmotor angetrie-

bene **Benzinstamper** (Eigenmassen von 10 bis 200 kg) erzeugen die stampfende Wirkung durch einen mittels Federn abgestützten Kurbeltrieb (Motor, Pleuel, Stößel, Stampfplatte, Feder-



Benzinstamper

pakete). Bei den **Explosionsstampfern** (Eigenmassen von 100 bis 1200 kg) bildet sich wie bei den Verbrennungsmotoren und den Dieselmotoren (→ Ramme) in einer Kammer nach Komprimierung von Luft und Einspritzen von Dieseldieselkraftstoff ein Kraftstoff-Luft-Gemisch, das bei Selbstentzündung (bei Start mit Glühkerzen-Vorwärmung) den Zylinder hochschnellen läßt und beim Herabfallen einen zusätzlichen Schlag ausführt. Die Stampfenergie entsteht durch Freifall- und Verbrennungsenergie. Im Bauwesen ist ein 500 bis 1000 kg schwerer Explosionsstamper unter der Bezeichnung **Delmagrosch** bekannt.

S. werden vor allem im handwerklichen und ländlichen Bauwesen eingesetzt, aber auch beim Straßen- und Brückenbau (Damm- und Bauwerks hinterfüllungen), ferner im Gießereiwesen zum Formsandverdichten (pneumatische Motorstamper).

Stampfplatte, ein plattenförmiges Fallgewicht aus Gußeisen oder Beton mit großer Grundfläche zum Verdichten von geschütteten Bodenmassen im Erdbau. Die S. (Masse 1 bis 5 t) wird durch die Kranausrüstung eines Universalbaggers oder mittels Winde und Standmast angehoben; sie verdichtet durch Freifall bei 10 bis 25 Schlägen/min vor allem Bauwerks hinterfüllungen, Dammkronen u. dgl. und wird als Ersatz für Stampfer, Walzen oder Vibrationsplatten verwendet.

Standardisierung, die Gesamtheit der in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit durchgeführten Maßnahmen für das planmäßige Ausarbeiten, Durchsetzen, Kontrollieren und Überarbeiten von → Standards. S. nach Arten und Größen wird als → Typung bezeichnet.

Gegenstand der S. sind Beschaffenheiten von Arbeitsgegenständen, Arbeitsmitteln und Erzeugnissen, Herstellungs-, Prüf- und andere Verfahren sowie Verständigungsmittel. Ziel der S. ist die möglichst vollständige Befriedigung der ständig wachsenden Bedürfnisse und der allseitigen Entwicklung aller Mitglieder der Gesellschaft, indem die S. durch Festlegen von einheitlich anzuwendenden Bestlösungen sich wiederholender Aufgaben in bezug auf Beschaffenheiten, Verfahren und Verständigungsmittel zur ununterbrochenen Erweiterung und Vervollkommenheit der Produktion auf der Grundlage der führenden Technik beiträgt. Daraus ergeben sich folgende Aufgaben der S.: a) Einsparung an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit und damit Senkung der Selbstkosten sowie Steigerung der Arbeitsproduktivität; b) Schaffung von Vor-

aussetzungen für die Konzentration, Spezialisierung und Kooperation und damit für die Mechanisierung und Automatisierung; c) Schaffung von Voraussetzungen für die internationale sozialistische Arbeitsteilung und Zusammenarbeit; d) Förderung des wissenschaftlich-technischen und des wirtschaftlichen Fortschritts; e) Schaffung von Grundlagen für die sozialistische Planung, insbesondere für die Qualitätsplanung; f) Gütesicherung und Gütesteigerung der Arbeitsgegenstände, Arbeitsmittel und Erzeugnisse entsprechend dem Verwendungszweck; g) Schaffung von Voraussetzungen für die Verständigung auf wissenschaftlichem, technischem und wirtschaftlichem Gebiet; h) Schaffung von bestmöglichen Bedingungen für Konstruktion, Projektierung, Fertigungsvorbereitung, Produktion, Montage, Wartung, Instandhaltung und Lagerhaltung; i) Schaffung von Voraussetzungen für die Gewährleistung des Gesundheitsschutzes und der technischen Sicherheit; k) Schaffung von einheitlichen Bedingungen für Verpackung, Lieferung und Transport; l) Erziehung zur sozialistischen Gemeinschaftsarbeit und zum Einhalten von Festlegungen, die für die Gesellschaft vorteilhaft sind.

Damit diese Aufgaben der S. gelöst werden, müssen neben allgemeinen Grundsätzen, die auch für die S. gültig sind, z. B. Planmäßigkeit, Wissenschaftlichkeit und Wirtschaftlichkeit, spezielle, vor allem für die S. geltende Grundsätze durchgesetzt werden: a) Austauschbarkeit und Wiederholbarkeit von Einzelteilen, Baugruppen und ganzen Aggregaten sowie Projekten; b) Anwenden des → Baukastensystems; c) Anwenden von zu bevorzugenden Zahlen, besonders von → Vorzugszahlen; d) Festlegen des Höchststandes entsprechend dem Verwendungszweck („progressive Kennwerte“); e) Festlegen der erforderlichen Vielfalt, vor allem der volkswirtschaftlich notwendigen Sortimente für Arbeitsgegenstände, Arbeitsmittel und Erzeugnisse, einmal durch Einschränken der unnötigen Vielfalt und zum anderen durch Ausweiten der bisherigen Sortimente; f) Gleichlauf von S. mit Forschung, Entwicklung, Konstruktion und Projektierung; g) wechselseitige Förderung von S. und Aufwandsnormung (vor allem Arbeits- und Materialverbrauchsnormung); h) Durchführen der Standardisierungsarbeiten im Komplex, d. h. aufeinander abgestimmte Ausarbeitung und Einführung der einen bestimmten Komplex, z. B. Reifen, betreffenden Beschaffenheitsstandards für Arbeitsgegenstände, Arbeitsmittel und Erzeugnisse, der Verfahrensstandards für Herstellung und Prüfung sowie der Verständigungsmittelstandards (komplexe Standardisierung); i) Ergänzung der Standards durch Maßnahmepläne für ihre Durchsetzung.

Das zentrale staatliche Organ für die Planung, Anleitung, Koordinierung, Analyse und Kontrolle der Standardisierungsmaßnahmen ist das 1954 errichtete Amt für S. (abg. AfS) beim Ministerrat der DDR mit dem Sitz in Berlin. Als gesellschaftliche Organisation beschäftigt sich in der DDR vor allem die 1964 gegründete Deutsche Gesellschaft für S. in der Kammer der Technik (abg. DGS) mit der Entwicklung der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit in der S. und anderen Aufgaben der S.

Lit. Messing u. Aust: Was sollte man über S. wissen? (Leipzig 1962); Siemens: S. (2. Aufl. Leipzig 1962); Windmüller, Schilling, Meißner: S. — technischer Fortschritt (Berlin 1961); S. in der DDR (Leipzig 1964); Ztschr. S., Organ des Amtes für S. der DDR (Leipzig), TI 1: Publizistischer Teil, TI 2: Informationen und Standardentwürfe.

Standards, einheitlich anzuwendende, verbindliche oder in Ausnahmefällen nur zur Anwendung empfohlene Bestlösungen einer sich wiederholenden Aufgabe in bezug auf Beschaffen-

heit (Abmessungen, Stoff-, Masse- und Oberflächenangaben) von Arbeitsgegenständen, Arbeitsmitteln und Erzeugnissen, auf Herstellungs-, Prüf- und andere Verfahren (z. B. Berechnungsverfahren) sowie auf Verständigungsmittel in allen Geltungsbereichen (Werk, Fachbereich, DDR und internationaler Bereich). S. werden nach wissenschaftlichen Grundsätzen und mit wissenschaftlichen Methoden unter Mitwirkung aller zuständigen Bereiche und unter Beachtung der Erfahrungen der Neuerer in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit planmäßig ausgearbeitet und angewendet. Bei Gliederung nach dem Inhalt der Festlegung werden **Beschaffenheitsstandards**, **Verfahrensstandards** und **Verständigungsmittelstandards** (für Begriffsbezeichnungen, Begriffsinhalte, Einheiten und Zeichen) unterschieden. Entsprechend dem Geltungsbereich gibt es DDR-, Fachbereich-, Werk- und internationale S.

DDR-Standards enthalten Beschaffenheit, Verfahren und Verständigungsmittel in der Volkswirtschaft; sie tragen das Symbol → TGL und werden vom Leiter des Amtes für Standardisierung im Gesetzblatt der DDR bekanntgegeben. **Fachbereichstandards** enthalten die für den jeweiligen Fachbereich erforderliche Auswahl aus DDR-Standards sowie solche Festlegungen, für die keine DDR-Standards bestehen; sie tragen das Symbol TGL und eine vom Amt für Standardisierung bestätigte Nummer und werden vom Leiter der für den Fachbereich verantwortlichen Staats- oder Wirtschaftsorgane bekanntgegeben. Fachbereichstandards dürfen DDR-Standards nicht widersprechen. **Werkstandards** enthalten die für das jeweilige Werk (Betriebe) erforderliche Auswahl aus DDR-Standards oder Fachbereichstandards und solche Festlegungen, für die keine DDR-Standards oder Fachbereichstandards bestehen; sie werden mit einem vom Amt für Standardisierung bestätigten Symbol gekennzeichnet und vom Werkleiter bekanntgegeben. Werkstandards dürfen DDR- und Fachbereichstandards nicht widersprechen. **Internationale S.** dienen der Erleichterung des Warenverkehrs und der Zusammenarbeit auf wissenschaftlichen und technischen Gebieten zwischen den Ländern. Diese Aufgaben erfüllen z. B. die Empfehlungen zur Vereinheitlichung, herausgegeben von den ständigen Kommissionen der einzelnen Fachgebiete, z. B. Chemie, sowie von der Ständigen Kommission Standardisierung des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe, und die ISO-Empfehlungen. Besondere Bedeutung für die Standardisierungsarbeit in den sozialistischen Ländern haben die durch das Symbol → GOST gekennzeichneten Allunionsstandards der UdSSR. In den übrigen sozialistischen Ländern sind die S. durch folgende Symbole gekennzeichnet: Polen: PNC und PNW, CSSR: ČSN, Ungarn: MSZ, Rumänien: STAS, Bulgarien: BDS, Jugoslawien: JUS.

Lit. → Standardisierung.

Ständer, 1) ein Bauelement an Werkzeugmaschinen aus Gußeisen- oder Stahlblechkonstruktion, an dem verschraubt oder in Führungen aufgenommen andere Maschinenteile, z. B. Spindelkasten, Tisch, Querschlitten, befestigt sind.

2) svw. → Stator.

Standgetriebe, ein Getriebe, bei dem alle Achsen der Zahnräder im Gestell (Getriebekasten) gelagert sind. Der Steg wird zum Gestell. Gegensatz: → Umlaufgetriebe.

Standmenge, in der Fertigungstechnik die größtmögliche Werkstückmenge im festgelegten Abnutzungsbereich eines Werkzeuges. Dieser Werkzeugkennwert wird besonders beim Urformen, Umformen und Schneiden benutzt.

Standseilbahn, für große Steigungen geeignete Zweischienenbahn, bei der zwei Fahrzeuge durch

Seilzug bewegt werden; eine Sonderbauart der Seilschwebbahn. Als Bergbahnen ausgeführte S.en können Steigungen bis maximal 750‰ überwinden. Die Fahrzeuge (Kabinen) fahren auf einem einspurigen Gleis, das nur in der Mitte zwischen der Berg- und der Talstation eine Ausweichstelle hat. An dieser begegnen sich die Fahrzeuge. Die Fahrzeuge sind über ein Zugseil miteinander verbunden, das in der Bergstation über eine angetriebene Seiltrommel geführt wird. Das abwärts rollende Fahrzeug zieht das zweite Fahrzeug bergwärts, die fehlende Zugkraft wird von der Antriebsanlage aufgebracht. Statt eines zweiten Fahrzeugs können auch gleitende Gewichte verwendet werden. Die Fahrzeuge können bis zu 140 Personen fassen, sie sind entsprechend der Steigung stufenförmig ausgebildet. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt bis zu 10 m/s. S.en sind z. B. die Dresdener S. (von Loschwitz zum Weißen Hirsch), die Niesenbahn bei Interlaken, die Stanzerhornbahn am Vierwaldstätter See, die Mendelbahn bei Bozen.

Außer als Bergbahnen werden S.en auch auf Bremsbergen und als Schrägaufzug (→ Aufzug) verwendet.

Standsicherheit, die Sicherheit eines Körpers gegen Umkippen. Das Kippmoment M_k der äußeren Kräfte bezüglich der Kippkante A muß kleiner sein als das Standmoment M_H des Körpergewichts für dieselbe Kante. Ist $M_H = v \cdot M_k$, so ist $v = M_H : M_k$ der Sicherheitsgrad gegen Kippen. Die Abb. zeigt einen Torflügel vom Gewicht G_1 ; Standmoment $M_H = G_1 \cdot a$, Kippmoment $M_k = G_2 \cdot b$. Sicherheitsgrad $v = \frac{G_1 a}{G_2 b}$.

Standversuch, ein Verfahren der Werkstoffprüfung, dient zur Ermittlung des Werkstoffverhaltens unter ruhender Beanspruchung bei gleichbleibender, fast immer erhöhter Temperatur. Am häufigsten wendet man Zugbeanspruchung an. Der Standversuch wird vorgenommen, wenn die Ergebnisse des Zugversuchs durch die Versuchsdauer merklich beeinflusst werden (→ Warmfestigkeit). Meist wird die Probe bei bestimmter Temperatur einer gleichbleibenden Beanspruchung ausgesetzt und die dadurch bewirkte Verformung von Zeit zu Zeit gemessen oder selbsttätig aufgezeichnet (**Zeitstandversuch**). Weniger verbreitet ist der **Entspannungsversuch**, bei dem die Probe zunächst bis zu einem bestimmten Betrag elastisch verformt wird. Man beobachtet den bei gleichbleibender Temperatur eintretenden Spannungsabfall. Zeitstandversuche können sich über eine sehr lange Dauer erstrecken. Man spricht von Langzeitversuchen, wenn die Versuchsdauer mindestens 1000 h beträgt. Bei Zeitstandversuchen werden meist mehrere gleichartige Proben unter sonst gleichen Bedingungen verschieden hohen Beanspruchungen ausgesetzt. Man trägt die Meßergebnisse des Versuchs in Zeitstandschaulbilder ein. Unter **Zeitstandfestigkeit** versteht man die auf den Anfangsquerschnitt der Probe bezogene ruhende Belastung, die nach einer bestimmten Versuchsdauer zum Bruch der Probe führt (z. B. $\sigma_{B/10000}$ für eine Versuchsdauer von 10000 h). Die höchste Beanspruchung, die eine Probe gerade noch ohne Bruch dauernd ertragen könnte, bezeichnet man als **Dauerstandfestigkeit**. Unter **Zeitstandkriechgrenze** (kurz **Zeitkriechgrenze**) versteht man die Beanspruchung, die eine bestimmte durch „Kriechen“ (→ Warmfestigkeit) hervorgerufene Verformung bewirkt, z. B. $\sigma_{0,2/1000}$ für eine bleibende Dehnung von 0,2 % nach 1000 h. Die nach dem Bruch an einer Zugprobe gemessene Dehnung δ , bezogen auf die ursprüngliche Meßlänge L_0 , und die Einschnürung ν , bezogen auf den ursprünglichen Querschnitt F_0 , bezeichnet

man als **Zeitstandbruchdehnung** (z. B. $\delta_{B/100}$ für eine Meßlänge $L_0 = 5 D_0$, D_0 = Durchmesser, und eine Versuchsdauer von 100 h) und **Zeitstandbrucheinschnürung** (z. B. ν_{1000} für eine Versuchsdauer von 1000 h).

Standweg, → Standzeit.

Standzeit, in der Fertigungstechnik die Zeit, in der ein frisch geschliffenes spanendes Werkzeug bei konstanten Schnittbedingungen unter dauerndem Eingriff seine Schneidfähigkeit behält und der Verschleiß ein bestimmtes Maß nicht übersteigt. Die Angabe der S. erfolgt in Minuten oder indirekt in Metern (**Standweg**).

Stangenarbeit, in der Fertigungstechnik das spanende Fertigen (besonders Drehen) eines Werkstückes aus einem Endabschnitt einer eingespannten Werkstoffstange (im Gegensatz zur Futterarbeit). Bei Drehmaschinen für Stangenarbeit wird die Stange durch die hohle Drehspindel gesteckt und in einer Zange gespannt. Nach der Fertigstellung wird das Werkstück von der Stange abgetrennt, diese vorgeschoben, neu gespannt und das nächste Werkstück gedreht. Jedes auf Länge getrennte Werkstück wird einzeln im Werkzeugspanner gespannt, gedreht und ausgespannt.

Stangenstahl, svw. → Automatenstahl.

Stannate, Zinnverbindungen, die beim Schmelzen von Zinndioxid mit ein- oder zwertigen Metalloxiden oder -hydroxiden entstehen. Wichtig ist z. B. Natriumhexahydroxostannat(IV) (**Präpariersalz**) $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$, das zur Vorbereitung von Geweben für die Aufnahme von Beizenfarbstoffen dient.

Stanniol, → Zinn.

Stanzen, ältere Bezeichnung für → Ausschneiden, häufig fälschlicherweise gleichgesetzt mit Umformen.

Stapel, 1) Textiltechnik: svw. Faserlänge. Bei Baumwolle wird die mittlere Länge der längsten Fasern als **Handelstapel** bezeichnet; einige Millimeter kürzer ist der **Spinnerstapel**, der der Einstellung der → Streckwerke zugrunde liegt.

2) Bergbau: → Blindschacht.

Stapelfaser, Chemiefaser von bestimmter Länge bis etwa 10 cm, die aus den endlosen Spinnfäden geschnitten wird.

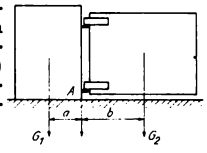
Stapelförderer, **Höhenförderer**, ortsfeste oder fahrbare Fördermittel zum stetigen Hochfördern von Stückgut (Säcke, Kisten, Fässer), Heu, Stroh und anderen zu stapelnden Gütern. Das Tragorgan ist ein geeignet angeordnetes, umlaufendes Gurt- oder Plattenband mit Mitnehmern, oder es besteht aus zwei in einem Trog umlaufenden Ketten, zwischen denen als Mitnehmer Rechen, Leisten u. a. befestigt sind. Der Antrieb erfolgt durch einen Elektro- oder Verbrennungsmotor.

Stapellauf, das Zuwasserlassen eines Schiffes von der Helling. Es wird hierzu von den **Stapeln** aus kurzen Holzbalken oder Stahlklötzen, auf denen es während des Baues ruhte, auf Holzschlitten umgesetzt. Diese werden, ebenso wie die auf der Helling für den S. verlegten hölzernen Gleitbahnen, mit Stapellauffett bzw. Schmierseife kräftig eingeschmiert. Nachdem die Stopper, welche die Schlitten vor dem S. halten, gelöst sind, gleitet das Schiff ins Wasser. Je nachdem, ob dies in Richtung seiner Längsachse oder quer dazu geschieht, spricht man von **Längsablau** oder **Querablau**. Beim **Rollenstapellauf** tragen die Schlitten Stahlrollen oder -kugeln, die auf Schienen abrollen, so daß Holz und Schmiermittel gespart werden. Im weiteren Sinne bezeichnet man auch das Abslipen von neuen Schiffen auf einem → Slip und das Ausdocken aus einem Baudock als S.

Stapelplatte, ein → Lastaufnahmemittel.

Stapler, → Flurförderer.

Stärke, ein zur Gruppe der Polysaccharide gehörendes Kohlenhydrat der allgemeinen Formel



Standsicherheit

($C_6H_{10}O_5$)_n, das aus Glukosemolekülen besteht. Einem Polymerisationsgrad n von 600 bis 900 entsprechend, hat S. ein Molekulargewicht von $5 \cdot 10^4$ bis $20 \cdot 10^4$. Das Stärkekorn besteht aus 80 bis 85 % **Amylopektin** als wasserunlöslicher Hüllsubstanz in der Außenschicht und aus 15 bis 20 % wasserlöslicher **Amylose** im Kern. Beim Erwärmen mit Wasser quillt S. bei Temperaturen von 50 °C an unter Bildung von **Stärkekleister**. Mit Jodjodkaliumlösung gibt S. eine Blaufärbung. Durch Einwirkung verdünnter Säuren entsteht aus S. beim Kochen D-Glukose, unter schonenderen Bedingungen erhält man **Dextrine (Stärkegummi)**. Der fermentative Abbau der S. erfolgt zunächst durch Amylasen über Dextrine bis zum Disaccharid Maltose, das weiter durch Maltase zu D-Glukose gespalten wird. Nach neueren Erkenntnissen besteht der erste Schritt des Stärkeabbaus in einer Phosphorylierung.

Die S. ist ein Pflanzenvorratsstoff. Sie entsteht in Form kleiner Körnchen als erstes sichtbares Produkt der Assimilation innerhalb der Chloroplasten der grünen Pflanzen. Diese schwerlösliche **Assimilationsstärke** wird in der Nacht fermentativ zu löslicher Glukose abgebaut, die dann in Speicherorgane, z. B. Wurzeln, Mark und Knollen, geleitet und in den dort vorhandenen Leukoplasten zu größeren Körnern als **Reservestärke** wieder aufgebaut wird. Im Körper von Mensch und Tier wird die mit der Nahrung aufgenommene S. durch Fermente des Speichels und des Saftes der Bauchspeicheldrüse stufenweise bis zur D-Glukose gespalten. Diese gelangt durch die Pfortader in die Leber, die daraus → Glykogen (tierische S.) aufbaut und als Vorratsstoff ablagert.

Man gewinnt S. vorwiegend als Kartoffel-, Weizen-, Mais-, Reisstärke durch Zerreiben der stärkereichen Pflanzenteile und Heraus-schlämmen mit Wasser sowie Austrocknen. Die Kartoffelstärkefabrikation verläuft über die Zwischenprodukte Reibsel, Stärkemilch und Grünstärke. Die anfallenden Nebenprodukte, z. B. Fruchtwasser und Pulpe, sind sehr kalium-, phosphor- und stickstoffhaltig und werden deshalb als Düng- und Futtermittel eingesetzt. Reine S. dient als veredeltes Nahrungsmittel, z. B. Puddingpulver, sowie in der Technik, z. B. als Kleister, als Schlichte- und Appreturmittel, in der Textilindustrie zum Steifen der Wäsche, zum Eindicken der Farben u. a. Die rohe Kartoffelstärke wird Getreidemehlen beigemischt und dient zur Gewinnung von z. B. Stärkezucker, Dextrinen, Sago und zum Vergären zu Alkohol.

Lit. Aehnelt: S., Stärkesirup, Stärkezucker (Dresden u. Leipzig 1951); Frenkel: Fortschritte auf dem Gebiet der Untersuchungen über den Bau der S. (dtsh Berlin 1958).

Stark-Effekt, die 1913 von dem deutschen Physiker Stark entdeckte Erscheinung, daß die Linien des Spektrums in mehrere Komponenten aufgespalten werden, wenn sich die Atome während der Lichtemission in einem starken elektrischen Feld befinden. Die Ursache ist eine Wechselwirkung der Hüllenelektronen der Atome mit dem elektrischen Außenfeld: Elektronen, die sich ohne Feld auf gleichem Energieniveau befinden, werden auf verschiedene Energie-stufen verteilt. Der S.-E. ist eine analoge Erscheinung zu dem im magnetischen Feld auftretenden → Zeeman-Effekt. Untersuchung und theoretische Erklärung beider Effekte haben einen wesentlichen Beitrag zu den heutigen Kenntnissen über den Atombau geliefert.

Starkgas, → Brenngase.

Starkstromtechnik, → Elektrotechnik.

starrer Körper, → Festkörper.

Starthilfe, eine Einrichtung zur Verkürzung der Startstrecke von Luftfahrzeugen. Als S. verwen-

det man vor allem den Auftrieb vergrößernde Klappen am Tragflügel, die auch als → Lande-hilfe dienen. Eine weitere Möglichkeit bietet bei Luftstrahltriebwerken und Propellerturbinen die Schwenkung des Triebwerks in Richtung der Vertikalen sowie die Umlenkung des Turbinenstrahls mittels Strahlklappen in Richtung Boden, wodurch eine Hubwirkung hervorgerufen wird. Einen zusätzlichen Schub erreicht man kurzfristig mit Hilfe von **Starttraketen**, d. s. meist kleine Feststoffraketen, die an Rumpf oder Tragflügel angebracht und nach dem Start abgeworfen werden. Mit einem → Katapult werden vor allem Bordflugzeuge gestartet (Katapultstart). Manche Segelflugzeuge starten auf einem Räderpaar oder auf einem Startwagen, die anschließend abgeworfen werden.

Startschleuder, svw. → Katapult.

Start- und Landebahn, → Flughafen.

Stat, Kurz. **St**, noch zuweilen in der Balneologie (Bäderkunde) verwendetes Mengenmaß für das natürliche radioaktive Gas Radon. Das S. ist somit auch eine (alte, nicht gesetzliche) Einheit der Aktivität von Quellwässern, Quellgasen und Emanationen. 1 St ist diejenige Menge Radon, bei deren Zerfall in Luft pro Sekunde durch Ionisation eine elektrostatische Ladungseinheit freigesetzt wird. $1 \text{ St} = 3,64 \cdot 10^{-7} \text{ Ci (Curie)} = 3,64 \cdot 10^3 \text{ eman/ (Emanliter)} = 10^3 \text{ ME} \cdot \text{l (Mache-Einheit} \cdot \text{Liter)}$. **Millistat**, Kurz. **mSt**, $= 10^{-3} \text{ St} = 3,64 \text{ eman/l}$.

Statik, die Lehre von den Bedingungen, unter denen am ruhenden Körper Gleichgewicht der Kräfte vorhanden ist. Mit Hilfe des d'Alembertschen Prinzips können dynamische Probleme auf statische Probleme zurückgeführt werden.

Im Bauwesen hat die S. eine besondere Entwicklung erfahren. Die **Baustatik** hat die Aufgabe, den Spannungszustand und Formänderungszustand eines Tragwerkes zu ermitteln. Je nach Verwendungszweck ist das Tragwerk von Bauwerken verschieden, wobei für die Wahl die zu überbrückende Stützweite, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Konstruktion sowie ästhetische Gesichtspunkte maßgebend sind. Bei großen Stützweiten und schweren Belastungen verwendet man vorwiegend Tragwerke aus Stahl, bei weniger weit gespannten Tragwerken Stahl- oder Spannbeton. Nach dem Gesetz sind für die einzelnen Baustoffe, Belastungen und Tragwerke nur bestimmte Spannungen bzw. Formänderungen zulässig.

Bei Fach- und Stabwerken ermittelt man zunächst die → Schnittkräfte und daraus mit Hilfe der Festigkeitslehre die Spannungen. Für die Ermittlung der Schnittkräfte bzw. Spannungen stehen Gleichgewichtsbedingungen und Formänderungsbedingungen zur Verfügung. Genügen die Gleichgewichtsbedingungen allein zur vollständigen Bestimmung des Spannungszustandes des Tragwerkes, so ist das Tragwerk *statisch bestimmt*, andernfalls *statisch unbestimmt*. Die Anzahl der zur Bestimmung des Gleichgewichtszustandes neben den Gleichgewichtsbedingungen zusätzlich erforderlichen Formänderungsbedingungen bestimmt den Grad der statischen Unbestimmtheit. Neben den allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen benutzt die S. für die Untersuchung der Fachwerke und Stabwerke besondere Methoden, z. B. Cremonaplan, Rittersches Schnittverfahren, Culmannsche Schnittmethode. Die Bestimmung der Formänderungen erfolgt mittels des Williotischen Verschiebungsplans oder mit Hilfe des Prinzips der virtuellen Arbeit. Das letztgenannte ist in Form der → Arbeitsgleichung ein wichtiges Hilfsmittel des Statikers bei der Berechnung statisch unbestimmter Systeme. Maßgeblich für die Bemessung des Tragwerks bei beweglichen Lasten ist die un-

günstigste Laststellung. Zur Ermittlung dieser Stellung werden Einflußlinien benutzt.

Die Untersuchung der Flächentragwerke führt zumeist auf schwierige mathematische Probleme. Die Lösung der Spannungs- bzw. Formänderungsaufgabe wird zurückgeführt auf die Lösung von bestimmten partiellen Differentialgleichungen (Scheibengleichung, Plattengleichung u. a.). Zur Untersuchung beweglicher Lasten benutzt man Einflußflächen. Für auf Druck beanspruchte Bauteile (Stäbe, Stegbleche) ist eine besondere Untersuchung auf Knicken bzw. Beulen erforderlich (TGL 0-4114 Knicken, Kippen, Beulen).

Alle zeichnerischen Verfahren der S. faßt man unter dem Begriff **Graphostatik** zusammen.

Lit. Abdank: Rahmen, Bogen, Durchlaufkonstruktionen (Berlin 1959); Baldauf: Hochgradig statisch unbestimmte Tragwerke (Leipzig 1962); Beyer: Die S. im Stahlbetonbau (2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950); Bochmann: S. im Bauwesen (Berlin, Bd I 5. Aufl., Bd II 4. Aufl., Bd III 3. Aufl. 1967); Heide: Praktische S. nach Cross, Steinman u. Kani (Leipzig 1966); Heyde: Mechanik für Ingenieure, Bd I 9. Aufl. (Leipzig 1962); Hirschfeld: Baustatik (Berlin 1965); Rothe: Statik der Stabtragwerke (2 Bde Berlin 1965/67); Rüdiger u. Kneschke: Technische Mechanik, 3 Tle (Leipzig 1962/64); Schreyer: Praktische Baustatik, 3 Tle (Leipzig 1960/63); Hampe: S. rotationssymmetrischer Flächentragwerke (Berlin Bd I bis IV 2. Aufl. 1966/67).

stationäre Strömung, → Strömungslehre.

statistischer Druck, → Bernoullische Gleichung. **Statistik**, die Wissenschaft von der Erfassung, Untersuchung und Beschreibung von Erscheinungen, die unter gleichen örtlichen, zeitlichen und ursächlichen Bedingungen auftreten (Massenerscheinungen, statistische Massen). Die S. wird in drei Teilgebiete eingeteilt. 1) Die **allgemeine** oder **beschreibende S.** entwickelt Verfahren zur Erfassung, Aufbereitung und Beschreibung von Zahlenmaterial (allgemeiner von Datenmaterial), das aus verschiedenen gesellschaftlichen Erscheinungen (Wirtschaft, Lebensbedingungen der Menschen) resultiert; sie ist damit eine Gesellschaftswissenschaft. Grundlage jedes Einsatzes der S. ist die statistische Erfassung (Erhebung). Diese wird unter vorher festgelegten örtlichen und zeitlichen Bedingungen durchgeführt und kann als **primärstatistische Erfassung** erfolgen, wobei das Zahlenmaterial speziell für die statistische Untersuchung gesammelt wird (Volkszählung), oder als **sekundärstatistische Erfassung** unter Zurückgreifen auf vorhandenes, für andere Zwecke erfaßtes Material. Beide können einmalige oder periodische Erhebungen sein. Wenn eine **Totalerhebung** erfolgt, werden alle Erfassungseinheiten befragt oder erhoben. Um Kosten zu sparen, begnügt man sich in bestimmten Fällen auch mit einer **Teilerhebung**. Es gibt systematische, repräsentative und geschichtete Teilerhebungen. Unter der Aufbereitung oder Verarbeitung des statistischen Datenmaterials versteht man die Berechnung einer geringeren Zahl zur Beschreibung des Wesens der betreffenden Erscheinung und der Entwicklung weitaus repräsentativerer Daten.

Die Aufbereitung von Zahlenmaterial erfolgt durch Bildung von Gruppen (Klassierung), Mittelwerten, Streuungen, Verhältniszahlen und statistischen Reihen (Regressionsrechnung). Eine Zusammenstellung solcher abgeleiteter Daten in Tabellen oder Diagrammen wird ebenfalls als S. bezeichnet (Bevölkerungs-, Produktions-, Krankheits-, Unfallstatistik).

2) Die **mathematische S.** stellt sich die Aufgabe, auf Grund von Stichproben Aussagen über die diesen Stichproben zugrunde liegenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen (auch Wahrscheinlichkeitsverteilung der Grundgesamtheit genannt) zu machen. Die mathematische S. ist ein Zweig der angewandten Mathematik und eng mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung verbunden. Zur Erforschung einer vom Zufall beeinflussten Er-

scheinung oder eines solchen Vorganges bedient man sich oft eines wahrscheinlichkeitstheoretischen Modells, zu dessen Prüfung und sukzessiver Verbesserung die mathematische S. herangezogen werden kann. Die Hauptaufgaben der mathematischen S. können eingeteilt werden in a) näherungsweise Angabe (statistische Schätzung) von Wahrscheinlichkeitsverteilungen oder von Kenngrößen (Parametern) derselben, z. B. Erwartungswert, Streuung, Quantile, sowie Angabe von Bereichen, in denen diese Kenngrößen liegen (Vertrauensbereiche, Konfidenzintervalle); b) Prüfung von Hypothesen über die mutmaßliche Gestalt der zugrunde liegenden Wahrscheinlichkeitsverteilung. Diese wird mittels statistischer Tests vorgenommen. Die beiden genannten Klassen wurden in der von A. Wald geschaffenen Theorie der statistischen Entscheidungen zusammengefaßt. Ein **statistischer Test** besteht in der Angabe einer Stichprobenfunktion, Testgröße oder S. (daher im Englischen statistics = die Wissenschaft von den S.en), d. i. eine Zufallsgröße, deren Wahrscheinlichkeitsverteilung (Prüfverteilung) wenigstens annähernd bekannt sein muß. Tests, die bei Fehlen von entgegenstehenden weiteren Hypothesen (Alternativhypothesen) nur zur Nachprüfung dienen, ob die betrachtete Hypothese nicht etwa falsch ist, heißen **Signifikanztests**. Da Aussagen der mathematischen S. nur auf Stichproben endlichen Umfangs beruhen können, sind Entscheidungen über Hypothesen stets mit Irrtümern behaftet. Die Wahl der Größe der Irrtumswahrscheinlichkeit (bei Signifikanztests auch Signifikanzniveau genannt) liegt im Ermessen des Forschers. Bei der Entscheidung zwischen zwei Alternativen müssen jedoch zwei Irrtumsmöglichkeiten beachtet und streng auseinandergehalten werden, da sie sich in der Praxis ganz verschieden auswirken. Der Fehler erster Art besteht darin, eine richtige Hypothese abzulehnen, und der Fehler zweiter Art darin, eine falsche Hypothese anzunehmen. Zum Beispiel laute die Hypothese: Eine Lieferung von Maschinenteilen entspricht den Qualitätsansprüchen. Dann hätte der Fehler erster Art zur Folge, daß eine gute Lieferung für schlecht gehalten wird; dagegen hätte der Fehler zweiter Art zur Folge, daß eine schlechte Lieferung für gut gehalten wird.

3) Die **statistische Physik** als Teilgebiet der theoretischen Physik beschäftigt sich mit der Untersuchung von Systemen, z. B. materiellen Körpern, Schwingungen und Wellen, die aus einer großen Zahl gleichartiger Teilchen einer oder mehrerer Sorten bestehen. Aus den inneren oder mikroskopischen Eigenschaften dieser Systeme, die sich nicht nur praktisch, sondern auch prinzipiell einer Beobachtung durch den Menschen entziehen, schließt die statistische Physik auf deren makroskopische Eigenschaften, sie stellt somit die Grundlage solcher Disziplinen wie Mechanik und Thermodynamik dar, deren Aufgabe die Beschreibung derartiger vom Menschen nicht wahrnehmbarer Eigenschaften ist. Die statistische Physik bedient sich bestimmter Modellvorstellungen über die Teilchenverteilung, z. B. der Boltzmann-Statistik und verschiedener Quantenstatistiken (Bose-Einstein-Statistik, Fermi-Dirac-Statistik).

Lit. Fisiz: Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische S. (dtisch Berlin 1958); Frenkel: Statistische Physik (dtisch Berlin 1957); Macke: Thermodynamik und S. (Leipzig 1963); Smirnow u. Dunin-Barkowski: Mathematische S. in der Technik (dtisch Berlin 1963); van der Waerden: Mathematische S. (Berlin 1957); Wallis u. Roberts: Methoden der S. (dtisch Freiburg i. Br. 1959); Weber: Grundriß der biologischen S. (Jena 6. Aufl. 1967); Fabian: Statistische Methoden (dtisch Berlin 1968); Lehrb. der S. (Berlin 1965); Statistisches Jahrb. der DDR (Berlin); Ztschr. Statistische Praxis (Berlin), Vierteljahreshefte zur S. der DDR (Berlin).

statistische Mechanik, statistische Thermodynamik, statistische Theorie der Wärme, ein Teilgebiet der Thermodynamik, das das makroskopische Verhalten der Stoffe als Folge ihres Aufbaues aus Atomen und Molekülen verstehen will. Im Gegensatz zur \rightarrow molekularkinetischen Theorie der Materie versucht sie, mit möglichst wenig speziellen Aussagen über Eigenschaften der Teilchen und ihre Wechselwirkung auszukommen, verwendet dafür ausgiebig die Wahrscheinlichkeitsrechnung (\rightarrow Wahrscheinlichkeit) und mathematische \rightarrow Statistik.

Die wichtigste Frage ist die nach dem Gleichgewichtszustand, dem ein System von Teilchen zustrebt. Dazu löst sie die Frage, durch wieviel Mikrozustände jeweils ein Makrozustand dargestellt wird. Erfüllen z. B. 5 Moleküle gleichmäßig einen Raum, so ist es für die makroskopische Betrachtung gleichgültig, welches von den 5 gleichen Teilchen sich in einem bestimmten Fünftel des Raumes befindet. Es gibt dann $5! = 120$ verschiedene Möglichkeiten, wie sich die 5 Teilchen gleichmäßig verteilen können. Dem einen Makrozustand entsprechen also 120 Mikrozustände. Die Zahl W der Mikrozustände, die zu einem Makrozustand gehören, nennt man nach Planck *thermodynamische Wahrscheinlichkeit* W . Gleichgewicht liegt vor, wenn W ein Maximum hat. W hängt mit der \rightarrow Entropie S zusammen durch die Boltzmannsche Gleichung $S = k \cdot \ln W$, wobei k = Boltzmannsche Konstante. Daraus folgt auch, daß die Entropie im Gleichgewicht einen Maximalwert annimmt (2. Hauptsatz der Thermodynamik). — Ein wichtiges Problem ist die Abzählung der einzelnen Mikrozustände. Dazu teilt man den gesamten Raum, den der Körper einnimmt, in lauter gleichgroße Zellen ein und zählt die Teilchen in jeder Zelle ab. Eigentlich müßte man noch die verschiedenen Geschwindigkeiten der Teilchen berücksichtigen und im \rightarrow Phasenraum arbeiten. Sieht man dabei alle Teilchen als unterscheidbar an, so gelangt man zur **Boltzmann-Statistik** oder **Maxwell-Boltzmann-Statistik**. Ein Hauptergebnis dieser klassischen Statistik ist das Gesetz der \rightarrow Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung.

Die Quantentheorie zeigt, daß man den Zellen im Phasenraum ein ganz bestimmtes Volumen h^3 (für ideale Gase) geben muß (h = Plancksches Wirkungsquantum). Man gelangt damit zur **Quantenstatistik**. Dabei muß noch das \rightarrow Prinzip der Nichtunterscheidbarkeit gleicher Mikroteilchen berücksichtigt werden. Seine Anwendung führt für Teilchen mit dem Spin $\frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}, \frac{3}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$

usw., d. s. *Fermionen* (z. B. Elektronen, Protonen und Neutronen), zur **Fermi- oder Fermi-Dirac-Statistik**, für Teilchen mit dem Spin $0, \frac{h}{2\pi}, 2 \cdot \frac{h}{2\pi}$ usw., d. s. *Bosonen* (z. B. Alphateilchen, Photonen und π -Mesonen), zur **Bose- oder Bose-Einstein-Statistik**. Die Fermionen genügen dem \rightarrow Pauli-Prinzip (im engeren Sinne), daher kann bei ihnen jede Phasenraumzelle höchstens mit einem Teilchen besetzt sein. Das Maxwell-Boltzmannsche Energieverteilungsgesetz wird in den beiden Quantenstatistiken etwas abgeändert, diese Änderungen machen sich aber im allgemeinen nur bei sehr tiefen absoluten Temperaturen bemerkbar und führen bei Gasen dann zur \rightarrow Gasentartung.

Neben den drei genannten Statistiken, die auf der Abzählung der Besetzungszahlen der Phasenraumzellen beruhen, gibt es noch eine allgemeinere Methode, die \rightarrow **Gibbs'sche Statistik**.

statistische Reihen, Zusammensetzung von zusammengehörigen gleichartigen statistischen Größen. S. R. können je nach Zweck aus Grundzahlen, Verhältniszahlen, Mittelwerten usw.

gebildet werden. Man unterscheidet zeitliche, sachliche und örtliche (geographische) s. R. In den Zeitreihen kommt die Entwicklung der betrachteten Erscheinung zum Ausdruck. Diese verläuft zwar entsprechend deren Charakter zufällig, doch zeigt sich stets eine Grundrichtung der Veränderung. Diese Grundtendenz der Entwicklung wird als Trend bezeichnet. Man unterscheidet unter anderem zwischen linearem, Polynomial-, Exponential- und logarithmischem Trend. Methoden der Trendbestimmung sind zeichnerische Ermittlung, Methode der gleitenden Durchschnitte, Methode der kleinsten Quadrate.

statistisches Gleichgewicht, der Gleichgewichtszustand, bei dem keine makrophysikalischen Veränderungen auftreten, während die Einzelteilchen ständig ihre Lagen und Geschwindigkeiten ändern. Alle thermodynamischen Gleichgewichtszustände sind atomistisch gesehen nur statistische G.e. So ist z. B. ein Gasgemisch im statistischen G., wenn in jedem Kubikzentimeter das Mischungsverhältnis stets das gleiche ist. Das kommt dadurch zustande, daß die Zahl der in einen Kubikzentimeter eintretenden Moleküle jeder Sorte gleich der der austretenden ist.

statistische Theorie der Wärme, svw. \rightarrow statistische Mechanik.

statistische Thermodynamik, svw. \rightarrow statistische Mechanik.

Stator, Ständer, der feststehende Teil bestimmter technischer Einrichtungen, vor allem \rightarrow elektrischer Maschinen. Gegensatz: \rightarrow Rotor.

Stau, in der Meteorologie die Erscheinung, daß Luftmassen, die gegen ein Gebirge strömen, durch das Aufsteigen zur Wolkenbildung und zu Niederschlägen veranlaßt werden.

Staub, in der Luft schwebende feinste feste Teilchen der Größenordnung 1 bis 100 μ m. Der S. kann außerirdischer Natur sein, z. B. **kosmischer S.** oder **Meteoritenstaub** (Zerfallsergebnisse von Meteoriten) oder von der Erdoberfläche stammen (**terrestrischer S.**). Verhältnismäßig viel S. liefern die Vulkanausbrüche, die Moor-, Savannen-, Präriebrände sowie vor allem die Industrie durch Zerkleinern, Mischen, Sieben und Verbrennen, besonders in Karbid- und Zementfabriken, chemischen Betrieben, Wärmekraftwerken u. a.

Gesundheitsschädigungen durch S. sind Asthma, Staublungenkrankheiten (z. B. Silikose durch Gesteinsstaub), Heufieber durch blütenstaubhaltigen S., ferner Infektions- und Strahlenkrankungen durch radioaktiv oder mit Krankheitskeimen versuchten S. Durch S. von brennbaren Stoffen können Staubexplosionen entstehen. Der **Staubgehalt** der Luft wird bestimmt durch Ablagerung in Staubbechern, Luftprobenentnahme mit dem Konimeter, an Hand der Lichtstreuung mit dem Tyndallometer (\rightarrow Tyndall-Phänomen) oder durch elektrostatische Abscheidung. Über Entfernung des S. aus der Luft \rightarrow Entstaubung.

Lit. Fett: Der atmosphärische S. und seine Bedeutung (Berlin 1958).

Staubecken, \rightarrow Talsperre.

Stäubegegeräte, \rightarrow Pflanzenschutzgeräte.

Staubfließverfahren, svw. \rightarrow Wirbelschichtverfahren.

Stauch, **Stauchschmieden**, ein Verfahren der Umformtechnik, bei dem ein Werkstück zusammengedrückt wird, wodurch sich seine Höhe verringert und sein Querschnitt vergrößert; \rightarrow Freiformschmieden. Das **Kaltstauchen**, bei dem sich der Werkstoff verfestigt, wird auf Waagrecht-Stauchmaschinen (Spezial-Kurbelpressen) durchgeführt, z. B. für Sechskantköpfe an Schrauben bis zu einem metrischen Gewinde M 24. **Warmstauchen**, d. i. S. oberhalb der Rekristallisationstemperatur des Werkstoffs, er-

möglichst größere Formänderungen, die entweder absatzweise durch Schlagen mit dem Hammer (→ Schmieden) oder stetig auf einer Kurbel- oder Spindelpresse erzeugt werden. Das Warmstauchen erfolgt bei großen Umformfestigkeiten und großen Umformvolumina als **freies S.** oder **Gesenkstauchen**. Lange, schlanke Werkstücke können durch → Elektrostauchen ohne Ausknicken umgeformt werden.

Lit. Missoshnikov u. Grinberg: Kaltpressen und Kaltstauchen (dtshc Berlin 1955).

Stauchung, Zeichen ϵ_d , in der Werkstoffprüfung die Verkürzung eines Prüfkörpers durch Druck (→ Druckversuch), bezogen auf die ursprüngliche

Meßlänge L_0 : $\epsilon_d = \frac{L_0 - L}{L_0}$ (L = Länge des

Prüfkörpers bei Druckbeanspruchung). Oft gibt man die S. in Prozent an. Wie bei der Dehnung ϵ (→ Zugversuch) unterscheidet man elastische S. ϵ_{el} , bleibende S. ϵ_{ab} und Gesamtstauchung $\epsilon_{d\text{ ges}}$.

Staudamm, → Talsperre.

Staudruck, → Bernoullische Gleichung.

Staudruckmesser, svw. → Prandtlrohr.

Staupunkt, in der Strömungslehre die Stelle, an der sich die Strömung bei einem ihr entgegenstehenden Hindernis nach beiden Seiten teilt. Im S. ist die Strömungsgeschwindigkeit $v = 0$, es herrscht der Gesamtdruck p_{ges} als Summe aus

Staudruck $\frac{\rho}{2} v^2$ und statischem Druck p .

Staurohr, svw. → Prandtlrohr.

Stauscheibentransporter, ein Kratzerförderer, → Panzerförderer.

Staustrahlrohr, ein → Luftstrahltriebwerk.

Staustufe, zusammenfassende Bezeichnung für eine Wehranlage einschließlich des meist vorhandenen Kraftwerkes, der Schiffsschleuse und anderer mit der S. in Verbindung stehender Bauwerke. Zur S. zählt auch die **Stauhaltung**, d. h. die gesamte Fläche, die überstaut wird und meist bis zur nächsten oberen Haltung reicht.

Stb, Abk. für → Steuerbord.

Stearin, eine weiße bis schwach gelbliche, wasserunlösliche Masse, die hauptsächlich aus Palmitin- und Stearinsäure besteht und technisch durch Spaltung der Fette, Abtrennung durch Abpressen der öligen Bestandteile und Reinigung durch Wasserdampf- oder Hochvakuumdestillation gewonnen wird. S. wird zur Kerzenfabrikation, in der Textil-, Seifen-, Gummi-, Leder- und kosmetischen Industrie verwendet. Im II. Weltkrieg wurden aus in Benzin gelöstem S. Flammgelees eingesetzt.

Stearinsäure, $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$, eine höhere, gesättigte, kristalline Fettsäure (F. 71,5 °C). Sie kommt frei, z. B. in verschiedenen Pilzen und im Hopfen, mit Glycerin verestert in den meisten Fetten und fetten Ölen vor. Man gewinnt sie durch katalytische Hydrierung von Ölsäure oder aus dem Stearin des Handels. Über die Verwendung → Stearin. Die Ester und Salze der S. heißen **Stearate**. Die Salze dienen vor allem als Imprägnierungsmittel.

Stecit, 1) ein keramischer Werkstoff auf der Basis von Magnesiumsilikat, der aus S. (Speckstein), Ton und Feldspat hergestellt wird. Die unter den Handelsnamen Frequentia, Calit, Elkafrat und Elka vac B bekanntgewordenen Erzeugnisse unterscheiden sich in ihrer prozentualen Zusammensetzung. S. weist hohe mechanische Festigkeiten und geringe Hochfrequenzverluste ($\tan \delta = 5$ bis $20 \cdot 10^{-4}$) auf und wird für Isolierteile in der Hochspannungs-, Niederspannungs- und Hochfrequenztechnik eingesetzt.

2) → Talk.

Stecher, bei Handfeuerwaffen, besonders Jagdwaffen, eine Vorrichtung zur Verringerung des Abzugwiderstandes beim Abdruck durch zusätzliche Feder- und Hebelkraft. Der S. wird bei

Jagdwaffen angebracht, mit denen eine hohe Treffsicherheit erzielt werden soll und bei denen somit ein schnelles Auslösen des Schusses wichtig ist.

Stechrohr, **Stoßrohr**, **Stoßröhre**, ein meereskundliches Gerät zur Entnahme von Bodenproben vom Meeresgrund. Das S. erfaßt die tieferen Schichten des Meeresbodens. Es wird an einem Draht hinabgelassen und bohrt sich durch seine Masse, durch Vibrationen o. ä. in den Meeresboden ein. Die gewonnenen Bodenproben sind bis über 20 m lang.

Steckdose, eine fest an der Wand auf oder unter Putz angebrachte Dose zum Verbinden fest installierter Leitungen mit flexiblen Leitungen. S.n sind zwei- oder mehrpolig, mit oder ohne Schutzkontakt ausgeführt. Der Schutzkontakt dient zum Erden angeschlossener Geräte und ist bei der Installation von Licht- und Kraftanlagen vorgeschrieben. Man spricht von **Schutzkontakt-Steckdose** und **Schutzkontaktstecker** (abg. **Schukostecker**). S. und Stecker sind so beschaffen, daß eine zufällige Berührung spannungsführender Teile beim Einführen des Steckers in die S. ausgeschlossen ist. Durch besondere Profile der Steckstifte und Buchsen und besondere Anordnung derselben sind S.n und Stecker für verschiedene Spannungen unverwechselbar ausgeführt. Kraftstromsteckvorrichtungen sind durch zusätzliche Verriegelungen gesichert. S.n können auch an flexiblen Leitungen (z. B. Verlängerungsleitungen) angebracht sein (Kupplungssteckdose). Eine zum direkten Anschluß von Geräten an eine flexible Leitung (Geräteschnur) benutzte S. wird als **Gerätestecker** bezeichnet.

Steckschlüssel, → Schraubenschlüssel.

Steelon, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Stefan-Boltzmannsches Gesetz, ein → Strahlungsgesetz.

Steg, 1) graphische Technik: a) das Blindmaterial zum Ausfüllen größerer nichtdruckender Räume innerhalb der Kolumne (→ Setzen). S.e größerer Abmessungen (**Hohlstege**) haben innen Aussparungen, um die Masse zu vermindern und Material zu sparen; b) **Formatsteg**, **Schließsteg**, ein rechteckiges, mit Aussparungen versehenes Gußeisenstück zum Bilden der Druckform; c) die unbedruckten Räume um die Kolumnen in Büchern und Zeitschriften. Man unterscheidet entsprechend ihrer Lage **Bund-**, **Kopf-**, **Fuß-**, **Seitenstege**; d) **Unterlagsteg**, die eiserne Unterlage für Atzungen, Stereos, Galvanos; e) **Rastersteg**, das beim Ätzen neben den Rasteröffnungen stehengebliebene Metall beim Tiefdruckformzylinder.

2) Getriebelehre: das feststehende Glied eines Getriebes. Bei Kurbelgetrieben ist der S. gleich dem Gestell, bei → Umlaufgetrieben ist er der Träger der Umlaufräder.

3) Stahlbau: an Profilstählen und Stahlträgern der senkrecht zum Flansch oder Gurt befindliche Teil.

Stegkettenförderer, → Kettenförderer.

Stehbolzen, ein Schraubenbolzen mit Gewinden an beiden Enden, der Platten oder Maschinenteile in bestimmtem Abstand hält.

Steigsichter, → Windfege.

Steigung, 1) → Gewinde. 2) → Neigung.

Steilförderer, ein Fördermittel (Stetigförderer), das unter einer Neigung zu fördern vermag, die größer ist als unter normalen Bedingungen. Der größte mögliche Neigungswinkel für das Fördermittel beträgt etwa 20°. S. sind meist als Gurtband- oder Gliederbandförderer ausgeführt. Um das Gleiten des Fördergutes auf dem Förderer zu verhindern, werden auf das Gurtband fischgrätenartige Rippen oder Höcker (Höckerband) aufvulkanisiert, oder es werden bei Gliederbandförderern Querstege vorgesehen. Es gibt auch S.

mit Deckbändern oder Kettenmatten, die auf das Fördergut drücken.

Steilheit, der Anstieg einer Kennlinie. In der Elektrotechnik blieb die Anwendung des Begriffes S. zunächst auf → Elektronenröhren beschränkt. Heute versteht man darüber hinaus in Anlehnung an diese Definition unter S. von Transistoren ebenfalls die Änderung des Ausgangsstroms, bezogen auf die dazu notwendige Eingangsspannungsänderung.

Steindruck, ein Flachdruckverfahren (→ Druckverfahren) für kleine Auflagen, bei dem als Träger der Druckform eine rechteckige, bis 12 cm dicke Steinplatte (Lithographiestein) aus Solnhofener Kalkschiefer dient. Dieser ist sehr feinporig und hat die Eigenschaft, Wasser und Fett aufzusaugen. Auf den ebengeschliffenen Stein wird die Zeichnung durch ein Verfahren der → Lithographie mit lithographischer Fettusche, einer Mischung aus Lampenruß und verseiften Fetten, übertragen. Dann ätzt man den Stein, d. h., man überstreicht ihn mit einer Lösung von Gummiarabikum und stark verdünnter Salpetersäure. Nun überwischt man die Fläche mit einem Wasserschwamm und fährt mit einer Farbwalze darüber; infolge des Ätzens nehmen nur die Zeichnungsstellen Fettfarbe an, auf den freien Stellen wird sie abgestoßen. Von der eingefärbten Druckform wird der Abdruck auf (gut geleimtes) Papier genommen, das in der Presse gegen den Stein gedrückt wird. Der S. wird heute fast nur noch beim Abziehbilderdruck und Etikettendruck angewendet.

Lit. → Lithographie, → Druckverfahren.

Steine, 1) Mineralogie: → Edelstein, → Gestein, → Steine und Erden.

2) Bauwesen: die als Baustoffe geeigneten natürlichen Gesteine und Steine und Erden sowie als künstliche S. Hohlblock-, Decken-, Dachsteine, Hütten-, Schlackensteine, Glasbausteine, feuerfeste S.

3) Metallurgie: Zwischenerzeugnisse bei der Verhüttung von Nichteisenmetallen. Chemisch sind die S. Sulfide. Man unterscheidet **Rohsteine** mit niedriger Konzentration und **Konzentrationssteine (Spursteine)** mit hoher Konzentration; letztere werden im Konverter verblasen.

Steine und Erden, eine große Gruppe nutzbarer Gesteins- und Mineralvorkommen, in der Erze, Brennstoffe und Salze nicht enthalten sind. Die S. u. E. kann man unterteilen in **Festgesteine**, z. B. Granit, Quarzporphyr, Diabas, Basalt, Kalkstein, Marmor, Dolomit, Sandstein, Grauwacke, Quarzit, Schiefer u. a.; **Lockergesteine**, z. B. Kies, Sand, Lehm, Ton, Kaolin, Kreide; sowie zahlreiche abbauwürdige Minerale von unterschiedlicher Reinheit, z. B. Quarz, Schwespat, Flußspat, Feldspat, Gips, Graphit, Asbest, Kieselgur, Glimmer, Talk, Ocker. Die S. u. E. bilden eine wichtige Rohstoffgrundlage für viele Industriezweige, so für die Bau-, Glas- und keramische Industrie, auch für die Schwerindustrie, die chemische und Düngemittelindustrie.

Steingravur, eine Form der Lithographie, bei der man die Zeichnung in einen polierten lithographischen Stein eingraviert. Kleine Auflagen werden von der Originalgravur gedruckt, indem man die ganze Steinfläche einschwärzt und so blankputzt, daß die Farbe nur in den Vertiefungen sitzenbleibt. Durch starken Druck in Handpressen wird dann die Farbe auf Papier u. a. aus diesen Vertiefungen übertragen. Für größere Auflagen stellt man von so gewonnenen Abzügen Maschinenplatten her und druckt von diesen im Offsetdruck oder Steindruck.

Steingut, ein keramisches Erzeugnis (Irdenware) mit porösem, nicht durchscheinendem, weißgelb brennendem Scherben. Zur Herstellung dienen eisenoxydarme, meist geschlämmte Tone, Kaoline und Quarz (Sand) sowie Kalkspat für

„weiches“ **Kalkspatsteingut** oder Feldspat für hartes **Feldspatsteingut**. Die Masseherstellung und Formgebung ist ähnlich wie bei Porzellan. Der Vorbrand (Rauhbrand, Schrühhbrand) liegt bei Kalkspatsteingut zwischen 1100 und 1200 °C, bei Feldspatsteingut zwischen 1200 und 1300 °C. Die meist blei- oder borsäurehaltige Fritteglasur wird bei niedrigerem Feuer (Glatt- oder Glasurbrand) aufgebracht. Anschließend kann die Ware mit keramischen Farben dekoriert werden.

Steinholz, fugenloses Fußbodenmaterial aus Magnesiabinder als Grundstoff und Füllstoffen, z. B. Holzmehl, Sägespäne, Korkmehl, Papiermehl, Asbestfasern, Quarz, Talkum. Grund- und Füllstoffe werden zu Brei verrührt und in 2,5 bis 3,5 cm Dicke meistens auf Massivdecken, mitunter auch auf Holzdecken mit Blindboden aufgetragen. Der Untergrund muß hart, fest, rau und trocken sein. Nach dem Erhitzen wird die Oberfläche mit der Ziehklinge abgezogen und geölt. S. ist fußwarm, schalldämmend, elastisch, sehr fest, nicht brennbar; jedoch leitet feuchtes S. den elektrischen Strom, deshalb sind z. B. in nichtunterkellerten Räumen und im Bad Schutzmaßnahmen zu beachten.

Steinkohle, → Kohle.

Steinsalz, → Salz 1).

Steinwolle, svw. → Gesteinsfasern.

Steinzeug, ein keramisches Erzeugnis (Sinterware) mit dichtem, nicht durchscheinendem, hellgrau bis dunkel brennendem Scherben. Die Masse besteht aus frühsinternden, kalkarmen, aber feuerfesten Tonen mit Zusätzen von Quarz und Feldspat. **Grobsteinzeug** wird in nur einem Brand bei 1180 bis 1300 °C gargebrannt. Bei Verwendung von Steinzeugtonen mit viel feinverteilter Kieselsäure wird eine Anflugglasur durch Einwerfen von Kochsalz in den Ofenraum gegen Ende des Brandes hervorgerufen, während grobsandige Tone die Verwendung einer aus eisenoxidhaltigen Lehmern hergestellten Lehmglasur erfordern. Aus Grobsteinzeug werden z. B. Klinker, Fliesen, Kanalisationsrohre, Tröge, Säurebehälter und Isolatoren hergestellt. Die Technologie der Herstellung von **Feinsteinzeug** ähnelt der des Porzellans. Der niedrig verglühete Scherben wird mit einer niedrig schmelzenden Porzellanglasur versehen und bei 1250 bis 1300 °C glattgebrannt. Feinsteinzeug dient als Material für Haushaltgegenstände, Labor- und Ziergerät.

Stellantrieb, bei einer → Regelung dasjenige Bauglied der → Regeleinrichtung, das vom → Regler zwecks Leistungsverstärkung angesteuert wird und nur dann vorhanden ist, wenn das nachfolgende Stellglied mechanisch betätigt wird. Der S. wird im technischen Sprachgebrauch häufig auch als **Stellmotor** oder **Servomotor** bezeichnet, jedoch nicht ausschließlich im Sinne von Elektromotor.

Die Ausgangsgröße des S.es, die → Stellgröße, ist zwar stets eine mechanische Größe, am Eingang kann aber eine pneumatische, hydraulische oder elektrische Größe anliegen. Als elektrische S.e werden z. B. Elektromotoren mit geeignetem Getriebe oder Tauchpulsysteme verwendet, als hydraulische S.e z. B. Stellkolben.

Bei pneumatischen Membran- oder Kolbenstellantrieben wirkt der Arbeitsdruck meist nur einseitig auf die Membran oder den Kolben, während als Gegenkraft eine Federkraft dient. Reibungen im Stellglied und andere schwer erfassbare Gegenkräfte ergeben dann eine Unsicherheit in der Einstellung des S.es. Deshalb wird die Stellung des S.es als Regelgröße eines untergeordneten Regelkreises erfaßt, dessen Führungsgröße mit der Ausgangsgröße des Reglers identisch ist und dessen Stellgröße nunmehr die verbesserte Einstellung des S.es vornimmt. Solche Stellungsregler werden als **Folgewerke**, **Stellungs-**

macher oder *Positioner* (aus dem Englischen) bezeichnet.

Stellarstatistik, → Astronomie.

Stellenwertsystem, **Positionssystem**, ein Zahlensystem, in dem alle Zahlen mit Hilfe einiger weniger Grundsymbole (Zahlzeichen, Ziffern) dargestellt werden. Die Anzahl der Ziffern, die für ein S. verwendet werden, bezeichnet man als *Grundzahl* oder *Basis*. Am bekanntesten ist das heute allgemein übliche dekadische S. (→ Dezimalsystem) mit der Basis 10, jedoch gewinnt das → Dualsystem (Basis 2) besonders in der Technik immer mehr an Bedeutung. Es ist auch ohne weiteres möglich, andere S.e mit beliebiger Basis (>1) und der entsprechenden Anzahl Zahlzeichen zu entwickeln. Kennzeichnend für das S. ist, daß jede Ziffer neben ihrem unveränderlichen Zahlwert (*Nennwert*) noch einen *Stellenwert* besitzt, der je nach der Stelle, an der sie innerhalb des gesamten Zahlenausdrucks steht, verschieden ist. Wesentlich für ein S. ist es, auch die „leeren“ Stellen, d. h. das Fehlen eines Stellenwertes zu kennzeichnen. Das geschieht durch die Ziffer 0 (→ Null). Die Stellenwerte der einzelnen Ziffern einer im S. dargestellten Zahl ergeben sich durch Multiplikation der Ziffern mit Stellenwertfaktoren (*Stufenzahlen*). Als Stellenwertfaktoren verwendet man die Potenzen der jeweiligen Basis b , die von rechts nach links die Werte $b^0, b^1, b^2, \dots, b^{n-1}, b^n$ haben. Jede Zahl Z im S. läßt sich also als Summe dieser Potenzen schreiben, mit den jeweiligen Ziffern $z_0, z_1, z_2, \dots, z_{n-1}, z_n$ als Koeffizienten: $Z = z_n \cdot b^n + z_{n-1} \cdot b^{n-1} + \dots + z_2 \cdot b^2 + z_1 \cdot b^1 + z_0 \cdot b^0$. So hat z. B. die Ziffernfolge 201 im Fünfersystem den Wert $(201)_5 = 2 \cdot 5^2 + 0 \cdot 5^1 + 1 \cdot 5^0 = 51$, im Dreiersystem $(201)_3 = 2 \cdot 3^2 + 0 \cdot 3^1 + 1 \cdot 3^0 = 19$. Umgekehrt hat der Wert 69 z. B. im Fünfersystem die Darstellung $69 = 2 \cdot 5^2 + 3 \cdot 5^1 + 4 \cdot 5^0 = (234)_5$, im Dreiersystem $69 = 2 \cdot 3^2 + 1 \cdot 3^1 + 2 \cdot 3^0 + 0 \cdot 3^0 = (2120)_3$. (Um Mißverständnisse auszuschließen, setzt man bei nichtdekadischen S.en die Basis als Index dazu.) Grundsätzlich gilt: Je kleiner die Basis eines S.s ist, desto weniger Ziffern werden benötigt und desto länger werden die Zahlenausdrücke (Zahlbilder); Rechnungen hingegen werden einfacher.

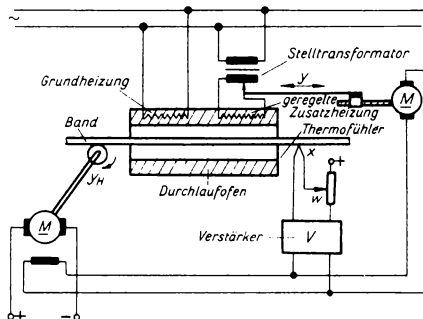
Stellglied, derjenige Teil einer Regelstrecke oder Steuerstrecke, mit dem zur → Regelung oder → Steuerung einer Größe unmittelbar in einen Massenfluß oder Energiestrom eingegriffen wird. Die Aussteuerung des S.es erfolgt durch die → Stellgröße. S.er sind z. B. Ventile oder Drosselklappen.

Stellgröße, bei einer → Regelung die Ausgangsgröße der → Regeleinrichtung bzw. die Eingangsgröße der → Regelstrecke. Die S. bewirkt nach einem in der Regeleinrichtung festgelegten funktionellen Verlauf die Verstellung des Stellgliedes und damit des Energiestromes oder des Massenflusses in der Regelstrecke im Sinne eines Angleichens an das gewünschte Verhalten und weitgehendster Beseitigung von Störeinflüssen.

Zur Verbesserung des regelungsdynamischen Verhaltens verwendet man insbesondere bei trägen Regelstrecken häufig eine zusätzliche *Hilfsstellgröße*, die — in Wirkungsrichtung des → Regelkreises gesehen — näher an der → Regelgröße liegt und sie somit schneller beeinflusst. Auf die ursprüngliche S. kann trotzdem nicht verzichtet werden, da ihr Eingriff in die Regelstrecke aus energetischen oder verfahrenstechnischen Gründen festliegt. So kann z. B. bei der Temperaturregelung in einem Durchlaufofen (Abb.) das langsame Reagieren der Temperatur auf eine Heizleistungsänderung durch die vorübergehende Veränderung der Durchlaufgeschwindigkeit des Ofengutes überbrückt werden. Die Hauptstellgröße (Heizleistung) ist jedoch erforderlich,

da im stationären Zustand die Geschwindigkeit des Transportbandes wegen des geforderten Ausstoßes oder der notwendigen Verweilzeit des Gutes im Ofen immer die gleiche sein soll.

Lit. → Regelung.



Temperaturregelung mit Hilfsstellgröße in einem Durchlaufofen. x Regelgröße (Temperatur), w Führungsgröße (Vorspannung), y Stellgröße (Verstellung der Zusatzheizung), y_H Hilfsstellgröße (Verstellung der Bandgeschwindigkeit)

Stellite, → Schneidmetalle.

Stellmotor, → Stellantrieb.

Stelling, ein Maschinenelement zur Lage-sicherung nicht abgesetzter, meist langer Wellen, z. B. bei Transmissionen, in axialer Richtung an einem Bundlager. Er kann auf der Welle verschoben und mit *Stellschrauben* auf ihr befestigt werden. Die geteilte Ausführung (zwei durch Schrauben zusammengehaltene Halbringe) ermöglicht nachträgliche Anbringung an beliebiger Stelle.

Stelltransformator, ein → Transformator mit kontinuierlich oder in Stufen stellbarer Sekundärspannung. Der S. ist ausgeführt als normaler Transformator oder oft auch als Sparttransformator mit angezapfter Sekundärwicklung oder mit blank ausgeführter, einlagiger Sekundärwicklung, auf der verschiebbare Rollenkontakte aufsetzen. In manchen Fällen arbeitet der S. als Zusatztransformator zu einem Transformator mit fester Sekundärspannung.

Stellwerk (Tafel 8), ein Gebäude, in dem die Stalleinrichtungen mehrerer Weichen, Gleissperren, Signale und Blockanlagen sowie andere Eisenbahnsicherungsanlagen für einen bestimmten Bezirk untergebracht sind und bedient werden. Entsprechend dem → Verschlussplan ist → Signalabhängigkeit im S. eingebaut. Oft stehen mehrere S.e auf einem Bahnhof. Vom *Signalstellwerk* aus wird das für die Zugfahrt geltende Hauptsignal bedient. Auf dem *Befehlsstellwerk* befindet sich der Fahrdienstleiter, der alle auf dem Bahnhof durchzuführenden Fahrten bestimmt und einleitet (Befehl abgeben). Ein *Zustimmungsstellwerk* muß für die einzustellende Fahrt nur mitwirken (Zustimmung abgeben). Ein (*abschaltbares*) *Rangierstellwerk* dient nur dem Rangier-, nicht dem Zugverkehr. Zu betriebsschwachen Zeiten kann es unbesetzt sein, d. h. abgeschaltet werden.

Nach der Arbeitsweise unterscheidet man folgende S.e: 1) Bei *mechanischen* S.en werden Weichen und Signale von Hand durch Muskelkraft mittels Stellhebel über Drahtzugleitungen umgestellt. Auch die Abhängigkeiten wirken mechanisch (→ Signalabhängigkeit, Abb.). 2) Bei *elektromechanischen* S.en (*Kraftstellwerken*) werden Weichen und Formsignale durch Elektromotoren gestellt. Die Bedienung erfolgt durch Kontakte an leicht stellbaren kleinen Hebeln oder Tasten im S. Einige Abhängigkeiten

wirken elektrisch (mit Relais), andere mechanisch. Die Anzeige des Betriebszustandes erfolgt durch farbige Lampen oder Farbscheiben im Bedienungsteil des S.s. 3) Bei elektrischen S.s. sind alle Abhängigkeiten elektrisch hergestellt, meist als Relaisstellwerke ausgeführt, im Ausland versuchsweise auch als elektronische S.e. Zum Beispiel zieht das jeweilige Relais nur an, wenn alle geforderten Bedingungen erfüllt sind, d. h. wenn die meist in Reihe geschalteten Kontakte, die die verschiedenen betrieblichen Bedingungen verkörpern, den Stromkreis schließen. Bei einem **Spurplanstellwerk** wird die elektrische Schaltanlage nach dem Baukastenprinzip aus verschiedenen Baugruppen (z. B. Weiche, Kreuzung, Gleis und Signal) entsprechend dem Lageplan zusammengesetzt. Dabei ergeben sich Vorteile durch schnellere Projektierung, Montage und Änderungsmöglichkeit sowie günstige Serienfertigung. Elektrische S.e. werden in der DDR als **Gleisbildstellwerke** gebaut. Sie sind mit einem Gleisbildschirm versehen; dieser enthält einen nach dem Baukastenprinzip aus einzelnen Elementen zusammengesetzten schematischen Bahnhofssplan, der die Stellung der Signale und Weichen, die Besetzung der Gleise usw. durch unterschiedliche Ausleuchtung (farbig, gegebenenfalls Blinklicht) anzeigt. Die Bedienung der Weichenantriebsmotoren, der Lichtsignale usw. wird durch Zug- oder Drucktasten im Gleisbildschirm gesteuert. Die Gleisbildstellwerke weisen gegenüber älteren S.s. bessere Übersicht und kürzere Bedienungszeiten auf und ermöglichen dadurch größere Stellwerksbezirke und höhere Betriebsleistungen. So wird bei neuen Gleisbildstellwerken nur durch eine einzige Bedienungshandlung an den entsprechenden Tasten für jede Zug- oder Rangierfahrt die Fahrstraße eingestellt; automatisch laufen dann die Weichen in die richtige Stellung, und das Signal kommt auf Fahrt. Ferner werden oft selbsttätige Anlagen zur → Gleisfreimeldung gebaut, so daß das Signal für einen Zug zwangsläufig nur auf Fahrt kommen kann, wenn das zu befahrende Gleis frei von Fahrzeugen ist.

Besondere Bauformen des S.s. stellen das **Zentralstellwerk**, auf einem Bahnhof als einziges S. vorkommend, und das **Streckenanzentralstellwerk** dar, das den Betrieb (Stellung der Signale usw.) auf einer ganzen Eisenbahnstrecke durch Streckenfernsteuerung regelt. Auf einem Streckenleuchtbild ist dabei der Betriebszustand der Strecke wie auf einem Gleisbildschirm zu erkennen. Das **automatische Ablaufstellwerk**, ein elektrisches Speicherstellwerk, bedient die zu einem Ablaufgehörenden Weichen. Durch eine Speichereinrichtung können dabei die einzelnen Wagen nach einer vorher eingestellten Reihenfolge in die einzelnen Gleise gesteuert werden (selbsttätige Weichenstellung).

Moderne S.e. können mit automatischer optischer **Zugnummernmeldung** versehen werden. Dabei erfolgt die für die Betriebsabwicklung notwendige Information des Stellwerkspersonals über die zur Zeit im näheren Umkreis verkehrenden Züge selbsttätig durch optische Anzeige der Zugnummer auf einem Leuchtbild.

Lit. Hahn: Eisenbahnbetriebslehre, Bd I (Berlin 1961/62); Stellwerks- und Blockanlagen, Heft 1 u. 3 (Leipzig 1952/54); Der Stellwerkdienst (2. Aufl. Leipzig 1959); Taschenb. Elektrotechnik, Bd 3 (Berlin 1967).

Stempel, 1) Fertigungstechnik: ein Druckwerkzeug beim Urformen, Umformen, Schneiden (hier auch Patrizie genannt) und Fügen von Werkstücken.

2) Bergbau: senkrechte Stütze aus Rundholz, Stahl oder Leichtmetall für den Ausbau von Strecken und Streben. **Stempelfreie Abbaufront**, → Untertagebau.

Stengen, → Mast.

Stephan, → Karbon.

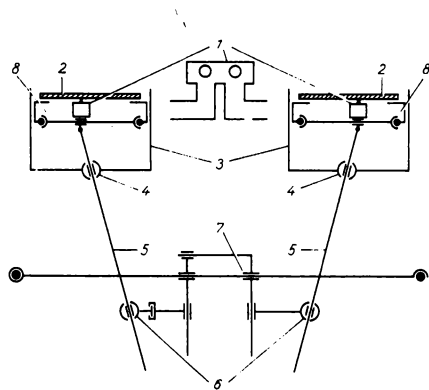
Steradian, Kurzz. sr, gesetzliche Einheit (Ergänzungseinheit) des Raumwinkels. Der S. ist der Raumwinkel, für den das Verhältnis der zugehörigen Kugelfläche zum Quadrat ihres Halbmessers gleich 1 ist.

Steran, das Grundgerüst der → Steroide.

Stereo..., svw. Raum...

Stereo, → Stereotypie.

Stereoauswertegeräte, Geräte zur kontinuierlichen (linienweisen) Auswertung von stereoskopischen Meßbildern (Stereobildern) nach Lage und Höhe in der → Photogrammetrie. S. sind so aufgebaut, daß der Beobachter mit einem Betrachtungssystem das Raumbild des aufgenommenen Objektes sieht und mit einer *wandernden Marke* (→ stereoskopisches Messen), räumlich ausmessen kann. Geometrisch findet bei der Stereoauswertung eine Umkehrung der Verhältnisse des Aufnahmevorganges statt, wobei die von den Objektpunkten zu den Bildpunkten verlaufenden Projektionsstrahlen (homologe Projektionsstrahlen) im Auswertegerät rein optisch, durch mechanische Lenker oder durch eine optisch-mechanische Kombination dargestellt werden (analoge Projektion). Nach dem heutigen Sprachgebrauch können die S. daher auch als Analogrechner bezeichnet werden.



Schema des Stereometrographen (Darstellung in der x-z-Ebene). 1 binokulares Betrachtungssystem; 2 Meßbilder; 3 Auswertekammern (entsprechen geometrisch den Aufnahmekammern); 4 Kardane, um die die mechanischen Raumlenker drehbar sind (entsprechen den Projektionszentren bei der Aufnahme); 5 mechanische Lenker (entsprechen den homologen Projektionsstrahlen); 6 Aufpunkte, die die Lage des auszuwertenden Objektpunktes definieren; 7 Führungen, die das Gerätekoordinatensystem definieren; 8 Meßmarken. Es werden zwei Teilmarken verwendet, die in den Strahlengang des Betrachtungssystems eingespiegelt werden und bei binokularer Betrachtung zu einer virtuellen Raummarke verschmelzen, mit der das Modell räumlich ausgemessen wird.

Voraussetzung für die Auswertung ist, daß die Bilder im Auswertegerät dieselbe relative Lage zueinander und zu geodätischen Festpunkten haben wie bei der Aufnahme. Diese Einstellung wird meist vor Beginn der Auswertung empirisch in zwei Teilschritten vorgenommen. Durch die *relative Orientierung* werden die beiden Bilder mit ihren Bildträgern (Projektoren) in Richtung der drei Koordinatenachsen des Stereoauswertegerätes so verschoben und um diese Achsen so gedreht, daß sich homologe Projektionsstrahlen wieder im Raume schneiden. Die Gesamtheit der Schnittpunkte ergibt ein dem Aufnahmeobjekt geometrisch ähnliches Modell, das durch die *absolute Orientierung* mit Hilfe von Paßpunkten in bezug auf ein vorgegebenes Koordinatensystem räumlich orientiert wird.

S. sind z. B. solche Geräte wie Stereotrigomat, Stereoplanigraph, Stereometrograph, Stereokar-

tiergerät Multiplex, ferner der Stereoaograph (für die terrestrische Photogrammetrie).

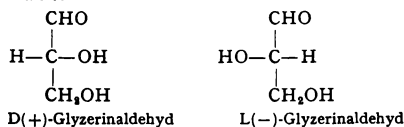
Lit. → Photogrammetrie.

Stereoaograph, → Stereoauswertegeräte.

Stereochemie, Raumchemie, der Teil der Chemie, der sich mit der räumlichen Gestalt der Moleküle und mit dem räumlichen Ablauf chemischer Reaktionen beschäftigt. Hauptgebiet der Untersuchungen ist die Stereoisomerie (stereochemische Isomerie, Raumisomerie), ein Sonderfall der → Isomerie, bei dem die physikalische und oft auch die chemische Verschiedenheit zweier Verbindungen nur auf einer unterschiedlichen räumlichen Stellung analoger Atome oder Atomgruppen strukturgleicher Moleküle beruht. Es gibt 4 Typen von Stereoisomerie:

1) Von Spiegelbildisomerie (optische Isomerie, Enantiomorphie) spricht man bei solchen Molekülen, die in zwei stabilen, zueinander spiegelbildlichen, nicht deckungsgleichen Formen auftreten. Voraussetzung dafür ist nach Le Bel und van't Hoff (1877) ein unsymmetrischer Molekülbau. Die Spiegelbildisomerie tritt am häufigsten bei Verbindungen mit einem → asymmetrischen Kohlenstoffatom auf.

Zwei Spiegelbildisomere — auch optische Antipoden genannt — unterscheiden sich hauptsächlich durch die entgegengesetzte Drehung der Ebene des linear polarisierten Lichtes. Chemisch verhalten sie sich bei allen Reaktionen mit symmetrischen, optisch inaktiven Verbindungen völlig gleichartig. Hingegen reagieren sie in der Regel ungleich rasch mit einem optisch aktiven Partner, z. B. einem Ferment. Deshalb haben optische Antipoden fast immer unterschiedliche physiologische Wirkungen. In Lösung zeigen sie → optische Aktivität, die für beide Formen der Größe nach gleich, dem Vorzeichen nach aber entgegengesetzt ist. Die rechtsdrehende Form wird durch ein dem Namen vorangestelltes (+), die linksdrehende durch ein (−) gekennzeichnet. (Früher wurden hierfür die Symbole d und l benutzt.) Zur Angabe der Konfiguration verwendet man dagegen die Buchstaben D und L. Dabei hat man willkürlich als Bezugssystem die beiden spiegelbildisomeren Glycerinaldehyde gewählt:

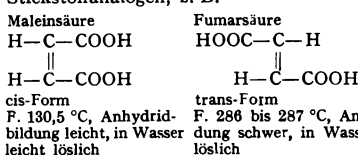


Neuerdings benutzt man auch die Symbole R und S zur Kennzeichnung der Konfiguration von Molekülen aller Asymmetrieformen. In einfachen Fällen, z. B. beim Glycerinaldehyd, entspricht die D-Form der R-Form und die L-Form der S-Form, doch gilt dies nicht allgemein.

Die optisch inaktive 1:1-Mischung zweier optischer Antipoden heißt *razemisches Gemisch* (*razemische Modifikation*, *Razemat*). Sie wird durch DL charakterisiert. Das Razemat kann im festen Zustand als rein mechanisches Gemenge der beiden antipodischen Kristallsorten (razemisches Konglomerat) oder als definierte Molekülverbindung mit neuen physikalischen Eigenschaften (echtes Razemat) auftreten. Der Übergang einer optisch aktiven Substanz in das strukturgleiche Razemat wird als *Razemisierung* bezeichnet. Bei der Synthese asymmetrisch gebauter Moleküle entstehen normalerweise die beiden optischen Antipoden in gleicher Menge, also als Razemat.

2) Die cis-trans-Isomerie (geometrische Isomerie) liegt vor bei solchen Stereoisomeren, in denen zwei oder mehr strupp zueinander angeordnete Atome oder Atomgruppen zwei stabile, durch unterschiedliche Atomabstände kenn-

zeichnete Lagen einnehmen können. Sie tritt auf bei 1,2-disubstituierten Äthenen und ihren Stickstoffanalogen, z. B.



Ferner kommt sie vor bei Komplexverbindungen, die 4 Liganden in einer Ebene tragen, und bei Ringverbindungen, z. B. Zylohexanderivaten, bei denen die Ringebene ein freies Drehungsvermögen der C-Atome verhindert.

3) Diastereomerie oder — besonders in der Zuckerreihe — Epimerie liegt vor, wenn zwei strukturgleiche Verbindungen in ihren Molekülen mehrere Asymmetriezentren teils in der gleichen und teils in der entgegengesetzten Konfiguration enthalten. Diastereomere oder Epimere verhalten sich zueinander nicht mehr wie Bild zu Spiegelbild. Sie ähneln vielmehr den cis-trans-Isomeren, denen gegenüber eine scharfe Abgrenzung zuweilen kaum möglich ist. Durch innere Kompensation mehrerer einander gleichwertiger, aber entgegengesetzt konfigurierter Asymmetriezentren innerhalb eines Moleküls können symmetrisch gebaute Verbindungen entstehen, die als *meso-Formen* bezeichnet werden. meso-Formen, z. B. meso-Weinsäure, sind nicht in optische Antipoden spaltbar.

4) Rotationsisomerie (Konformations- oder Konstellationsisomerie) beruht darauf, daß die Substituenten an zwei durch eine Einfachbindung miteinander verknüpften Atomen räumlich verschiedene, durch Drehung um die Einfachbindung ineinander überführbare Lagen (*Konformationen* oder *Konstellationen*) einnehmen können.

Stereofilm, → Raumfilmverfahren.

Stereoisomerie, → Stereochemie.

Stereokamera, → photographische Kamera.

Stereokomparator, ein Gerät zum → stereoskopischen Messen von Bildkoordinaten und Koordinatenparallaxen oder nur von Bildkoordinaten in Stereobildern. Hauptanwendungsgebiet des S.s war lange Zeit ausschließlich die → terrestrische Photogrammetrie (Bestimmung der Koordinaten von Einzelpunkten mit Hilfe von Erdbildern). Neuerdings werden S.en in großem Umfang für die analytische Aerotriangulation (→ Bildtriangulation) verwendet. Dazu werden mit ihnen von Luftbildern die Bildkoordinaten der zu triangulierenden Punkte mit hoher Genauigkeit gemessen. Um einen rationellen Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen zu ermöglichen, besitzen moderne S.en besondere Einrichtungen für eine geeignete Registrierung der Meßdaten (Lochstreifen, Lochkarte usw.).

In der Astronomie wird der S. bei der Durchmusterung von Himmelsaufnahmen nach veränderlichen Sternen oder schneller beweglichen Objekten (Planeten, Planetoiden, Kometen) verwendet.

Lit. → Photogrammetrie.

Stereometall, ein Schriftmetall, eine Blei-Antimon-Zinn-Legierung mit 15% Antimon, 3% Zinn, 0,3% Nickel und Kupfer Rest Blei. Das S. wird zur Herstellung von Flachstereoplaten in der Druckerei verwendet.

Stereometrie, ein Teilgebiet der Geometrie, die Lehre von den räumlichen geometrischen Gebilden, insbesondere den Körpern.

Stereometrograph, → Stereoauswertegeräte. **stereophone Filmwiedergabe**, früher Raumfilm-Wiedergabe genannt, die Wiedergabe von Tonfilmen mit mehrspurigen Magnettonaufzeichnungen (→ Magnettonverfahren) zur Erzielung eines Richtungsempfindens durch →

Stereophonie und zur Unterstützung des → Anwesenheitseffektes. Die s. F. wird dadurch erreicht, daß nach der Tonaufnahme mit einem oder mehreren Mikrofonen das Schallergebnis auf eine entsprechende Anzahl von Kanälen (3, 5 oder 7) verteilt wird. Die in den Aufzeichnungsköpfen verstärkten tonfrequenten Wechselspannungen werden getrennt auf die einzelnen, auf dem Wiedergabefilm befindlichen Magnettonspuren übertragen (Magnetton-Aufzeichnungen). Bei der Wiedergabe werden diese Aufzeichnungen durch Wiedergabeköpfe in tonfrequente Wechselspannungen umgewandelt und über getrennte Verstärkerkanäle Lautsprechern hinter der Bildwand zugeführt. Ein weiterer Kanal dient zur Übertragung von besonderen Geräuscheffekten, die durch mehrere Lautsprecher in der Decke des Zuschauerraums wiedergegeben werden.

Die s. F. wird besonders bei den → Breitwandverfahren angewendet, um eine örtliche Übereinstimmung des Bildgeschehens mit der Sprach-, Musik- und Geräuschwiedergabe zu erzielen. Die häufigste Anwendung der s. n. F. erfolgt beim 4-Spur-Magnettonfilm (→ Magnettonträger), der rechts und links neben der Perforation je zwei schmale Magnettonspuren trägt, wovon drei zur stereophonen Wiedergabe dienen und eine zur Wiedergabe der Geräuscheffekte.

Stereophonie, ein elektroakustisches Übertragungsverfahren unter Wahrung der räumlichen Schallfeldverhältnisse am Aufnahme- und Wiedergabeort, wodurch ein weitgehend natürlicher Richtungs- und Klangeindruck erzielt wird. Nach den Aufnahmeverfahren unterscheidet man Laufzeit- und Intensitätsstereophonie. Bei der **Laufzeitstereophonie** stellt man so viele Mikrophone im Raum verteilt auf, wie Übertragungskanäle vorhanden sind (*A-B-Verfahren*). Die häufigste Anwendung findet dieses Verfahren in der Tonfilmtechnik vor allem, bei den → Breitwandverfahren (→ stereophone Filmwiedergabe), da hier 3 bis 9 Übertragungskanäle zur Verfügung stehen (Unterstützung des → Anwesenheitseffektes). **Intensitätsstereophonie** entsteht durch Koinzidenzverfahren mit nur 2 Mikrofonen. Diese werden gemeinsam an einem Ort (z. B. Raummitte) aufgestellt. Sie besitzen entweder verschiedene Richtcharakteristiken (*M-S-Verfahren*) oder aber gleiche Richtwirkungen, jedoch unter verschiedenen Winkeln (z. B. halb rechts und halb links; *Y-Verfahren*). Beide Verfahren benötigen nur 2 Übertragungskanäle und werden daher bevorzugt in der Rundfunktechnik (→ Hochfrequenzstereophonie), der Schallplatten- und Magnettontechnik angewendet.

Während bei der Laufzeit- und Intensitätsstereophonie die natürlichen Laufzeit- bzw. Intensitätsunterschiede zwischen den Mikrofonen übertragen werden, gibt es Verfahren der **Pseudostereophonie**, die auf der Wiedergabeseite gleiche oder ähnliche Effekte wie bei der Intensitätsstereophonie erzeugen. Von der Aufnahmetechnik her spricht man von Pseudostereophonie, wenn der Einfachheit halber einkanalig aufgenommene Sprache oder Gesang nachträglich in stereophone Aufzeichnungen eingearbeitet werden. Dies geschieht, indem das einkanalige Signal mit Hilfe elektronischer Schaltungen (z. B. Panoramaregler) auf die verschiedenen Kanäle mit unterschiedlicher Lautstärke verteilt wird. Die Wiedergabe erlaubt echte Richtungswahrnehmung. Eine pseudostereophone Wirkung erzielt man ferner bei einkanaliger Übertragung auf der Wiedergabeseite, wenn man am Ausgang der Übertragungsanlage durch eine Frequenzweiche die hohen und tiefen Frequenzen trennt und von einzelnen, weit voneinander entfernt aufgestellten Lautsprechern abstrahlen läßt. Hier fehlt allerdings die echte Ortungsmöglichkeit (→ Drei-D-Klang).

Stereophotogrammetrie, → Photogrammetrie. **Stereophotographie**, → photographische Kamera.

Stereoplanigraph, → Stereoauswertegeräte.

Stereoskop, eine optische Vorrichtung, die es ermöglicht, die beiden getrennt den Augen dargebotenen stereoskopischen Halbbilder (→ Stereoskopie) zu betrachten und dabei auf Grund der Parallaxen zwischen den einander entsprechenden Bilddetails einen räumlichen Eindruck des Bildinhaltes zu gewinnen. Man bedient sich hierbei der Anordnung zweier Prismen (Prismenstereoskop), zweier Linsen (Linsenstereoskop) oder mehrerer Spiegel (Spiegelstereoskop). Beim **Prismenstereoskop** akkommodieren die Augen auf die tatsächliche Bildentfernung vom Auge; die dabei vorhandene Konvergenz der Blicklinien wird durch die Prismen aufgehoben, so daß hinter den Prismen die Blicklinien parallel verlaufen und jede Blicklinie das dem betreffenden Auge zugeordnete Bild trifft. Beim **Linsenstereoskop** werden für die Augen die Bilder durch die Linsen im Unendlichen abgebildet, dadurch stehen auch die Blicklinien parallel. Beim **Spiegelstereoskop** erfolgt die Ablenkung der Blicklinien über kombinierte Spiegel.

Stereoskopie, die Technik der Erzeugung eines räumlichen (dreidimensionalen) Bildeindrucks durch zwei ebene Bilder, die stereoskopischen Halbbilder. Beim Betrachten des Raumes sehen die Augen des Beobachters die einzelnen Objekte von zwei verschiedenen Orten aus entsprechend der Anordnung der Augen im Abstände von etwa 65 mm. Diese beiden Orte sind die Perspektivitätszentren der Abbildung des Raumes in den Augen. Dabei unterscheidet sich die beiden von den Augen wahrgenommenen Einzelbilder durch die unterschiedlichen seitlichen Abstände (→ Parallaxe), die in den Abbildungen die im Raum hintereinander liegenden Punkte voneinander haben. Die beiden Bilder werden bei der Wahrnehmung zu einem einheitlichen Raumeindruck verarbeitet, wobei die Wahrnehmung der Raumtiefe durch die unterschiedlichen Parallaxen entsteht. Der Eindruck eines räumlichen Bildes entsteht auch, wenn dem Augenpaar zwei von verschiedenen Orten aus aufgenommene stereoskopische Halbbilder so dargeboten werden, daß jedes Auge nur das ihm zugeordnete Halbbild betrachtet. Die gleichzeitige Beobachtung der beiden Halbbilder muß ohne Zwang möglich sein. Die S. umfaßt also die Verfahren der Herstellung der Halbbilder und die Methoden und Vorrichtungen zu ihrer Betrachtung (→ Stereoskop).

Die Herstellung der Halbbilder erfolgt, von Testzeichnungen abgesehen, photographisch. Eine **Stereokamera** (Kamera mit zwei Objektiven, → photographische Kamera) oder eine Kamera mit Stereovorsatz wird für Aufnahmen aus kürzeren Entfernungen (bis etwa 15 m) verwendet. Der Abstand der Eintrittspupillen (→ Pupille), die stereoskopische Basis, entspricht dabei annähernd dem Augenabstand. Die Halbbilder entstehen nebeneinander und gleichzeitig auf demselben Bildträger. Das Verfahren eignet sich gut für die Aufnahme bewegter Objekte und die Herstellung von Laufbildern (→ Raumlilmverfahren). Bewegte Objekte, die sich in großer Entfernung befinden, z. B. Wolken, werden mit zwei getrennt aufgestellten Kameras, die synchron arbeiten, aufgenommen. Von der Möglichkeit, die Halbbilder nacheinander anzufertigen, macht man bei Aufnahmen für Vermessungszwecke und in der Astronomie Gebrauch. Da bei der Betrachtung der Halbbilder ein räumlicher Bildeindruck entsteht, ist es auch möglich, das Bild in der Raumtiefe auszumessen. Dies geschieht in der → Photogrammetrie mit Hilfe besonderer → Stereoauswertegeräte sowie in der → Entfernungsmessung.

stereoskopischer Film, → Raumfilmverfahren.
stereoskopisches Messen, ein Meßverfahren zum Ausmessen von Stereobildern, das auf der Ausnutzung des stereoskopischen Sehvermögens beruht. Das von dem Beobachter durch binokulare Betrachtung der beiden Halbbilder eines Stereobildes wahrgenommene Raumbild (Modell) wird mit einer im Modell frei beweglichen Raummarke (wandernde Marke) ausgemessen. Die Raummarke besteht entweder aus zwei Teilmarken, die bei binokularer Betrachtung zu einer virtuellen Raummarke verschmelzen, oder aus einer einzelnen reellen Marke. Das stereoskopische M. wird z. B. in der Stereophotogrammetrie (→ Photogrammetrie, → Stereoauswertegeräte) und beim Raumbildentfernungsmesser (Stereotelemeter, → Entfernungsmessung) angewendet.
Stereotelemeter, → Entfernungsmessung.

Stereotrigomat, → Stereoauswertegeräte.

Stereotypie, das Verfahren zur Herstellung von Hochdruckplatten durch Abformen von Schriftsatz oder Druckplatten. Die S. wird insbesondere im Buchdruck angewendet, um bei hohen Auflagen die Schrift und die Druckplatten zu schonen, um mehrere Druckformen zu haben und in mehreren Nutzen drucken zu können oder um den Originalsatz wieder ablegen zu können. Die jeweilige Druckplatte wird auf Prägekalandern oder -pressen in weiche → Matern eingepreßt, und diese werden getrocknet. Von der so gewonnenen Matrize werden für den Druck auf Flachformhochdruckmaschinen mehrere flache Abgüsse hergestellt. Für den Rotationsdruck stellt man im Rundgießinstrument halbzylinderförmige Abgüsse (Stereos) in einer Hartbleilegierung her. In der **Plaststereotypie** verwendet man Matern aus Plasten und prägt in den nach Abformen entstandenen Matrizen unter Druck und Hitze-einwirkung Stereos aus Gummi, einem Thermoplast oder Duroplast. Diese Stereos werden außer im Buchdruck auch im Flexodruck eingesetzt.

Lit. Dingethal: Plaststereotypie (Leipzig 1958); Rauchfuß, Heininger, Page: S. und Galvanoplastik (2. Aufl. Leipzig 1957).

Sterilisieren, svw. Keimfreimachen, z. B. von Glasgeräten, Instrumenten, pharmazeutischen Substraten, Lebensmitteln (Dosenkonserven). Das S. kann in **Hitzesterilisationsapparaten** mittels Heißluft (180 bis 200 °C) oder gespannten, gesättigten Wasserdampfes (121 bis 124 °C oder 134 bis 136 °C) oder in **Kaltsterilisationsapparaten** oder -anlagen durch Einwirkung chemischer Gase, vorzugsweise Äthylenoxid, oder ionisierender Strahlung (Gammastrahlung, Ultraviolettstrahlung, beschleunigte Elektronen) erfolgen. Beim S. werden alle Mikroorganismen und ihre Keime abgetötet, im Unterschied zur Desinfektion, bei der nur Krankheitserreger abgetötet werden, und zum Pasteurisieren, wobei die Mikroorganismen nur in ihrer Lebenstätigkeit gehemmt werden.

Sterine, zur Klasse der → Steroide gehörende Verbindungen, die am Sterangerüst eine Hydroxylgruppe (C-Atom 3), zwei Methylgruppen (C-Atome 10 und 13) und eine aliphatische Seitenkette (C-Atom 17) tragen. S. sind in freier Form oder mit höheren Fettsäuren verestert als primäre Zellbestandteile im Tier- und Pflanzenreich weit verbreitet. Je nach ihrer Herkunft unterscheidet man **Zoosterine** (tierische S.), z. B. Cholesterin, **Phytosterine** (pflanzliche S.), z. B. Sitosterin und Stigmasterin, und **Mykosterine** (Pilzsterine), z. B. Ergosterin.

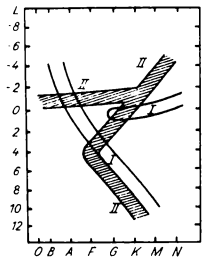
Stern, astronomisch eine selbstleuchtende Gaskugel hoher Temperatur, z. B. die Sonne. Die S.e erscheinen – abgesehen von der Sonne – infolge ihrer großen Entfernung auch in den größten Teleskopen punktförmig und an der Himmelskugel feststehend (**Fixsterne**), obwohl sie sich tatsächlich mit Raumgeschwindigkeiten von durchschnittlich mehreren Kilometern je Sekunde bewegen. Der unserem Sonnensystem nächste S. ist Proxima Centauri mit einer Entfernung von 4,3 Lichtjahren; die am weitesten entfernten, mit den größten Teleskopen noch beobachtbaren Einzelsterne befinden sich in extragalaktischen Sternsystemen, deren Entfernung etwa 50 Millionen Lichtjahre beträgt. Die Entfernung der S.e ist sehr schwer bestimmbar (→ Parallaxe). Mit bloßem Auge sind am gesamten Himmel etwa 5000 S.e erkennbar. Sie und rund 100 Milliarden weitere S.e bilden ein eigenes **Sternsystem**, das → Milchstraßensystem. S.e kommen vor als **Einzelsterne**, sehr häufig als **Doppel-** und **Mehrfachsterne**, können aber auch → **Sternhaufen** bilden. Neben S.en konstanter Helligkeit gibt es auch solche mit Helligkeitsänderungen, → veränderliche Sterne.

Die scheinbare Helligkeit der S.e ist sehr unterschiedlich infolge unterschiedlicher Entfernung von der Erde und unterschiedlicher → Leuchtkraft. Es gibt **Zwergsterne**, wie die → Weißen Zwerge, die größtmäßig den Planeten ähnlicher sind, und → **Riesensterne**, deren Durchmesser zum Teil noch größer ist als die Bahn des Mars um die Sonne. Die Massen der S.e unterscheiden sich weniger stark, sie liegen im allgemeinen im Bereich von 0,02 bis zu 50 Sonnenmassen, die Oberflächentemperaturen im Bereich von etwa 2500 bis zu 100000 °K. Die Sonne ist ein normaler Zwergstern.

Zur Charakterisierung des physikalischen Zustandes eines S.s werden neben Masse, Durchmesser, Oberflächentemperatur (effektive Temperatur) und Leuchtkraft noch Spektralklasse, mittlere Dichte, mittlere Energieerzeugung, Schwerebeschleunigung an der Sternoberfläche, Magnetfeld und Rotationsgeschwindigkeit herangezogen. Weiterhin ist auch die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Sternoberfläche möglich. Diese Größen kann man durch

Mittlere Zustandsgrößen für verschiedene Spektralklassen in Einheiten der Sonnenwerte

Spektralklasse	Leuchtkraft	Masse	Radius	effektive Temperatur	mittlere Dichte
Hauptreihensterne	B0 8000	15	9,0	3,8	0,02
	A0 60	3	2,2	1,8	0,3
	dF0 6	1,5	1,5	1,3	0,5
	dG0 1	1,0	1,0	1,0	1,0
	dK0 0,4	0,8	0,8	0,8	1,6
	dM0 0,06	0,5	0,6	0,6	2
Riesen	gF0 15	2,5	4	1,0	0,04
	gG0 40	3,1	10	0,9	0,003
	gK0 80	3,5	25	0,7	0,0002
	gM0 400	3,8	75	0,6	0,000009
Überriesen	cB0 200000	50	20	4,7	0,006
	cA0 20000	15	40	1,9	0,0002
	cF0 6000	13	65	1,1	0,00005
Weißer Zwerg	A0 0,0005	0,6	0,02	1,2	70000
Sonne	$3,86 \cdot 10^{33}$ erg/s	$1,99 \cdot 10^{33}$ g	$7,0 \cdot 10^{10}$ cm	5785 °K	$1,4$ g/cm ³



Hertzsprung-Russell-Diagramm für die Sterne der Population I und II

Untersuchung der Sternstrahlung ermitteln, und zwar aus drei Eigenschaften und ihrer etwaigen zeitlichen Änderung: 1) der Richtung, aus der die Strahlung kommt; 2) der Intensität der Strahlung; 3) der spektralen Eigenschaften dieser Strahlung.

Trägt man die Leuchtkraft bzw. die absolute Helligkeit der S.e über dem Spektraltyp auf, so ergibt sich das **Hertzsprung-Russell-Diagramm** (Abb.). Es zeigt sich, daß nicht alle denkbaren Kombinationen von Leuchtkraft und Spektraltyp realisierbar sind, vielmehr treten nur ganz bestimmte, durch den Aufbau der S.e bedingte Beziehungen auf. Dies äußert sich darin, daß sich die S.e nur in bestimmten Ästen im Hertzsprung-Russell-Diagramm anordnen. Die meisten S.e (etwa 99 %) liegen auf der Hauptreihe (Zwergensterne). Die Riesensterne haben bei gleichem Spektraltyp höhere Leuchtkraft, liegen also über den Hauptreihensternen. Die Lage der Äste ist dabei außerdem vom Alter der betreffenden S.e abhängig. Die älteren S.e des Milchstraßensystems (Population II) ordnen sich anders an als die jüngeren S.e (Population I), die sich vorwiegend in den Spiralarmen des → Milchstraßensystems finden.

Die S.e stellen selbstleuchtende Gaskugeln dar, die durch die Gravitationswirkung der eigenen Sternmaterie zusammengehalten werden. Der Gravitationswirkung entgegen wirken der Gasdruck der heißen Materie im Sterninneren und der Strahlungsdruck. Im allgemeinen — außer bei bestimmten Arten von veränderlichen S.en — stellt sich ein Gleichgewichtszustand so ein, daß der nach außen wirkende Druck in jedem Punkt gerade die darüber lagernde Sternmaterie trägt. Die im tiefen Innern des S.s erzeugte Energie wird in Form von Strahlung oder auf Grund von Konvektion nach außen transportiert, und zwar so viel, daß sich auch ein Gleichgewichtszustand zwischen erzeugter und ausgestrahlter Energie einstellt. Die Energie wird bei Kernprozessen frei. Hauptsächlich handelt es sich dabei um die Verschmelzung von Wasserstoffkernen zu Heliumkernen bei Temperaturen von mindestens 8 Millionen °K. Ist im Innern der S.e aller Wasserstoff verbraucht, kann bei wesentlich höheren Temperaturen (etwa 80 Millionen °K) das Helium in schwerere Elemente (Kohlenstoff, Sauerstoff u. a.) umgewandelt werden. Die chemische Zusammensetzung der Sternmaterie ändert sich also im Laufe der Sternentwicklung. Dadurch tritt auch eine Änderung des Sternradius, der Leuchtkraft und der anderen Zustandsgrößen ein, da allein die Sternmasse und deren chemische Zusammensetzung diese Größen bestimmt. Dabei unterscheiden sich die Weißen Zwerge von den meisten übrigen S.en dadurch, daß sich die Hauptmenge ihrer Masse wegen der enorm hohen Dichte im Innern im entarteten Gaszustand befindet.

Das Sternlicht wird aus einer meist sehr dünnen Schicht des S.s, der **Sternatmosphäre**, ausgestrahlt, deren Masse nur ein verschwindender Bruchteil der Gesamtmasse des S.s ist. In den Sternatmosphären werden dem Sternlicht die charakteristischen Spektralmerkmale aufgeprägt, aus denen man auf den physikalischen Zustand dieser Schichten und auch des gesamten S.s schließen kann. Die Deutung der Sternspektren ist sehr schwierig, da sich die Sternatmosphären nicht im thermodynamischen Gleichgewicht befinden.

Über die Sternentstehung ist noch nichts Sicheres bekannt. Fest steht nur, daß von den heute beobachtbaren S.en nicht alle gleichzeitig entstanden sind. Die massereichen S.e der Hauptreihe sind die jüngsten. Es wird angenommen, daß sich ein S. aus interstellarer Materie bildet. Je nach seiner Masse ist der S. mehr oder minder lange ein relativ kühler Körper, der sich im Hertzsprung-Russell-Diagramm rechts der Hauptreihe

befindet. Durch weitere Kontraktion erhitzt er sich so lange, bis im Zentrum die Temperatur so weit angestiegen ist, daß Kernprozesse zur Energieerzeugung ablaufen können. Der S. befindet sich dann auf der Hauptreihe. Wenn im Kern sämtlicher Wasserstoff verbraucht ist, wandert der S. in das Gebiet der Riesensterne ab. Die Energieausstrahlung wird dann durch Umwandlung von Helium gedeckt. Die sich daran anschließende weitere Sternentwicklung ist noch weitgehend unbekannt. Es wird vermutet, daß der Endzustand eines S.s der eines Weißen Zwerges ist, wobei eventuell noch Zustände durchlaufen werden, in denen der S. veränderlich ist, → Kosmogonie.

Über das Flimmern der S.e → Szintillation.

Lit. Becker: S.e und Sternsysteme (2. Aufl. Leipzig u. Dresden 1950); Vogt: Aufbau und Entwicklung der S.e (2. Aufl. Leipzig 1957); Ztschr. Die S.e (Leipzig); → Astro-
nomie.

Sternbild, eine bildhaft zusammengefaßte Gruppe benachbarter Fixsterne; in der Astronomie ein Gebiet an der Himmelskugel, in dem diese Sterngruppe liegt. Das scheinbare Zusammengehören einer Gruppe von Sternen besagt noch nicht, daß sie wirklich räumlich eine Einheit bilden. Sie können, auch wenn die einzelnen Sterne gleich hell erscheinen, räumlich sehr weit getrennt liegen. Die unterschiedliche Entfernung wird dann durch unterschiedliche Leuchtkraft ausgeglichen. Da sich die Sonne bei ihrer scheinbaren jährlichen Bewegung relativ zu den Fixsternen verschiebt, wechseln die nach Sonnenuntergang sichtbaren Sternbilder periodisch mit der Jahreszeit. Es gibt 88 S.er, die den Himmel lückenlos überdecken. 12 von der Ekliptik geschnittene S.er werden als **Tierkreissternbilder** bezeichnet, → Tierkreis.

Stern-Dreieck-Schaltung, eine Methode zur Herabsetzung des → Anzugsstromes von Asynchronmaschinen (→ elektrische Maschine), bei der die für Dreieckschaltung (→ Dreiphasenstrom) ausgelegte Maschine in Sternschaltung angelassen und nach erfolgtem Hochlauf auf Dreieckschaltung umgeschaltet wird. Dadurch wird der Anzugsstrom auf ein Drittel des Wertes herabgesetzt, der bei direkter Einschaltung fließt. Allerdings sinkt im gleichen Maße das Anzugsmoment. Zur Durchführung der Schalteroperation dient der Stern-Dreieck-Schalter.

Sternhaufen, eine lokale Anhäufung von wahrscheinlich gleichaltrigen Sternen. Die sternreichen und größeren **Kugelsternhaufen** (**Kugelhaufen**) zeigen eine starke Zunahme der Sterndichte zum Haufenzentrum zu, so daß ihr Kerngebiet mit den herkömmlichen optischen Mitteln nicht aufgelöst werden kann. Bis jetzt sind etwa 120 Kugelsternhaufen im Milchstraßensystem bekannt. Ihre Durchmesser betragen im Mittel 70 pc, die Sternzahlen schätzt man auf $5 \cdot 10^4$ bis $5 \cdot 10^7$. Im Gegensatz dazu sind die **offenen S.** sternärmer; von ihnen sind im Milchstraßensystem etwa 300 bekannt. Sie sind stark gegen die Symmetrieebene des Milchstraßensystems konzentriert (**galaktische S.**). Ihre Durchmesser liegen im Bereich zwischen 2 und 15 pc, die Sternzahlen zwischen 10 und einigen Tausend. Die **Bewegungssternhaufen** (**Sternströme**) sind offene S., bei denen die Mitgliedsterne so weit im Raum verstreut sind, daß man sie nur an der gemeinsamen gleichgerichteten Bewegung als S. erkennt. Die **Sternassoziationen** sind die am wenigsten kompakten S. Sie bestehen aus relativ jungen Sternen, die sich offensichtlich erst in den letzten 10^4 bis 10^6 Jahren gebildet haben.

Sternholz, → Holz.

Sternkunde, swv. → Astronomie.

Sternmotor, → Verbrennungsmotor.

Sternpunkt, → Dreiphasenstrom.

Sternradgetriebe, ein dem Malteserkreuzgetriebe ähnliches Schaltwerk (Schaltgetriebe) zur Umwandlung einer stetigen Drehbewegung des Antriebs in eine durch Rasten (Ruhstellungen) unterbrochene Abtriebsbewegung (aussetzende Bewegung). S. ermöglichen es, beliebige Schalt- und Treiberwinkel zu verwirklichen. Auf dem Treiber a (Abb.) können mehrere Gruppen Triebstöcke a_1 angeordnet sein. Der Stern b schaltet dann entsprechend der Anzahl der Triebstöcke um verschieden große Schaltwinkel. Dabei greifen die Triebstöcke a_1 in die Schlitzte b_1 ein. Die Schaltbewegung ist im Gegensatz zu der des Malteserkreuzgetriebes gleichförmig. In der Rastperiode liegt der eine der Sperrschuhe b_2 an der Sperrscheibe a_2 an und verhindert ein Weiterdrehen des Sternes. Die Verbindung von Triebstöcken und Schlitzten nennt man Triebstockverzahnung.

Sternradwender, → Heuviefachgeräte.

Sternschaltung, → Dreiphasenstrom.

Sternschnuppe, → Meteor.

Sternspannung, svw. → Phasenspannung.

Sternsystem, eine Ansammlung von einigen Milliarden bis zu mehr als 100 Milliarden Sternen sowie großer Mengen interstellarer Materie. Ihrem Aussehen nach kann man die S.e. einteilen in **regelmäßige S.e.**, d. h. solche mit Rotations-symmetrie, und **unregelmäßige S.e.** Die regelmäßigen S.e. unterteilt man weiter in **elliptische S.e.** (elliptische Nebel) und **Spiralsysteme** (Spiral-nebel). Die elliptischen S.e. lassen keine innere Struktur erkennen, dagegen sind die Spiralsysteme dadurch gekennzeichnet, daß um einen zentralen Kern ein oder mehrere Spiralarme gewunden sind, wobei bei den Balkenspiralen die Arme vom Kern radial nach außen gehen und einen „Balken“ bilden, ehe sie sich um den Kern winden. Am häufigsten (etwa 80 %) sind die Spiralsysteme, am seltensten (etwa 4 %) die unregelmäßigen S.e. Das → Milchstraßensystem oder die Galaxis, zu dem zum Beispiel auch das Sonnensystem gehört, ist ein Spiralsystem. Da sich alle anderen S.e. außerhalb des Milchstraßensystems befinden, bezeichnet man sie auch als **extragalaktische S.e.** (extragalaktische Nebel).

In den S.en finden sich alle diejenigen absolut hellsten Objekte, die auch im Milchstraßensystem auftreten, z. B. Novae, Supernovae, Sternhaufen, interstellare Materie. Die elliptischen S.e. werden von relativ alten Sternen (Population II) gebildet, ebenso die Kerne der Spiralsysteme; die Spiralarme bestehen aus Objekten der Population I (junge Sterne, interstellare Materie).

Die Durchmesser der S.e. liegen im Bereich von 2 bis 50 kpc (Kiloparsec), die Massen im Bereich von einigen Milliarden bis zu einigen 100 Milliarden Sonnenmassen. Die weitesten, mit den heutigen Fernrohren noch erreichbaren S.e. sind etwa 3 Milliarden pc (Parsec) vom Milchstraßensystem entfernt.

Die S.e. sind scheinbar ungleichmäßig am Himmel verteilt. In der Nähe des galaktischen Äquators finden sich in einer Zone wechselnder Breite keine oder nur vereinzelte S.e. Verursacht wird dies durch die absorbierende Wirkung der staubförmigen interstellaren Materie des Milchstraßensystems, die sich in der Nähe der Symmetrieebene konzentriert. Die S.e. kommen häufig als Doppel- oder Mehrfachsysteme sowie als Haufen von S.en vor.

Sternwarte, ein Institut für Himmelsbeobachtungen und theoretische Arbeiten zur Erforschung des Weltalls. Es dient zur Aufnahme der Beobachtungsinstrumente (→ astronomische Instrumente) und Zusatzgeräte, enthält Arbeitsräume, Laboratorien, Werkstatt, Dunkelkammer usw. Die unmittelbar der Himmelsbeobachtung dienenden großen Instrumente sind meist in geeigneten Rundbauten mit drehbarer Kuppel aufgestellt.

Die Kuppel ist mit einem verschließbaren Spalt versehen, damit jeder Punkt der Himmelskuppel der Beobachtung zugänglich gemacht werden kann. Kleinere Instrumente werden oft nur in Schutzhütten mit abfahrbarem Dach untergebracht.

In der DDR gibt es folgende S.n (mit Angabe der wichtigsten Instrumente): 1) S. der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Babelsberg: Meridiankreis, 70-cm-Spiegel, 65-cm-Refraktor, 52-cm-Spiegel; 2) Universitäts-Sternwarte der Friedrich-Schiller-Universität Jena: 90-cm-Kombinationsinstrument (Schmidt-Spiegel, Cassegrain-System), 50-cm-Spiegel; 3) Astrophysikalisches Observatorium der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Potsdam: photographischer 80-cm-Refraktor, visueller, 50-cm-Refraktor, 70-cm-Schmidt-Spiegel, 70-cm-Spiegel, Sonnen-Turmteloskop; 4) S. der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Sonneberg: 70-cm-Schmidt-Spiegel, 70-cm-Spiegel; 5) Karl-Schwarzschild-Observatorium der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Tautenburg, Kreis Jena: 200-cm-Universalinstrument (Schmidt-System, Cassegrain-System, Coudé-System).

Die **Volkssternwarten** sind jedermann zugängliche astronomische Beobachtungsstätten. Sie haben die Aufgabe, dem Außenstehenden, besonders der Jugend (Schul- und Pioniersternwarten), aus unmittelbarer Anschauung Kenntnisse über die Welt der Gestirne zu vermitteln.

Sternweite, svw. → Makron.

Sternzeit, → Zeit.

Steroide, eine chemische Stoffklasse, zu der folgende Naturstoffe gehören: Sterine, Gallensäuren, Steroidhormone (z. B. Sexualhormone), viele pflanzliche und tierische Giftstoffe (z. B. Digitalisglykoside, Saponine, Krötengifte) und Steroidalkaloide. Das Grundgerüst aller S. ist Zyklopentano-perhydro-phenanthren (Steran); die meisten natürlichen S. enthalten an den C-Atomen 10 und 13 je eine Methylgruppe $-\text{CH}_3$, am C-Atom 17 eine Seitenkette. Die S. unterscheiden sich vor allem durch die Länge der Seitenkette und ihren Sättigungszustand sowie durch die Verknüpfung der Ringe A, B, C und D.

Stethoskop, **Hörrohr**, ein ärztliches Instrument, mit dem Körperteile, vor allem Herz und Lunge, zur Kontrolle ihrer Tätigkeit abgehört werden. Das S. besteht aus einer auf die Brustwand oder den Puls aufzusetzenden Kapsel mit oder ohne Membran. An die Kapsel sind zwei Schläuche mit Ohrlöwen angeschlossen, durch die die Schall-schwingungen zu den Ohren des Untersuchenden geleitet werden. Bei elektronischen S.en erfolgt die Übertragung durch elektroakustische Wandler und Verstärker.

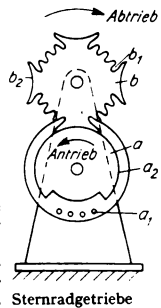
stetig, svw. lückenlos aufeinanderfolgend, kontinuierlich; in der Mathematik als grundlegende Eigenschaft von Funktionen genau definiert, → Stetigkeit.

Stetigförderer, → Fördermittel.

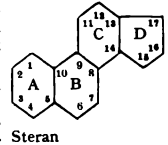
Stetigkeit, ein wichtiger Begriff der Analysis. Eine Funktion $y = f(x)$ heißt stetig in einem Punkt $x = a$, wenn erstens $f(a)$ einen bestimmten Wert hat und zweitens der Grenzwert $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$

vorhanden und gleich dem Funktionswert $f(a)$ ist; es gilt also $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$. Damit gleich-

bedeutend ist die Aussage: Zu jeder beliebig kleinen positiven Zahl ε kann man eine Zahl $\delta(\varepsilon)$ finden, so daß für alle x mit $|x - a| < \delta$ die Ungleichung $|f(x) - f(a)| < \varepsilon$ erfüllt ist. — Eine Funktion nennt man **stetig in einem Intervall**, wenn sie in jedem Punkt des Intervalls stetig ist. Eine in einer gewissen Umgebung des Punktes $x = a$ definierte Funktion $f(x)$ heißt **unstetig im Punkt $x = a$** , wenn sie in diesem Punkt nicht



Sternradgetriebe



Steran

stetig oder nicht definiert ist. So ist z. B. die Funktion $f(x) = \frac{1}{x-2}$ an der Stelle $x = 2$ unstetig (\rightarrow Sprung).

Die Funktionskurve besitzt an den Stetigkeitsstellen der Funktion einen zusammenhängenden Verlauf ohne Sprünge und Lücken. Die S. ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für die Differenzierbarkeit einer Funktion.

Steuerbord, abg. Stb., in Fahrtrichtung die rechte Seite eines Schiffes. Sie wird zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang durch ein grünes Licht mit Sektor von rechts voraus bis $112,5^\circ$ nach rechts gekennzeichnet.

Steuergritter, \rightarrow Elektronenröhre.

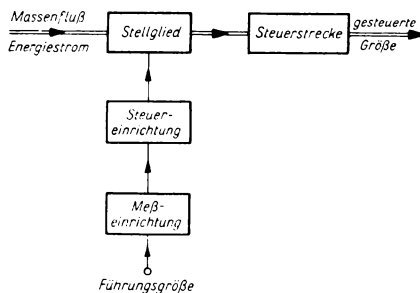
Steuerung (Tafel 46), ein technischer Vorgang in einem abgegrenzten System, bei dem eine oder mehrere technische oder physikalische Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen auf Grund der dem abgegrenzten System eigenen Gesetzmäßigkeit beeinflussen (nach TGL 14591 Steuerungs- und Regelungstechnik, Begriffe und Benennungen). Charakteristisch für die S. ist, daß ihr Wirkungsweg nicht im Sinne einer \rightarrow Regelung fortlaufend geschlossen ist.

Ablauf der S. Der Steuerbefehl (z. B. Betätigen eines Schalters oder eines Steuerventils) bewirkt über eine geeignete **Steuereinrichtung** (z. B. hydraulischer, pneumatischer, elektromechanischer oder Magnetverstärker) die Betätigung eines Stellgliedes (z. B. Ventil, Drosselklappe, Elektromotor, Hydromotor), das den Energiefluß oder Massenfluß in der vom Steuerbefehl vorgegebenen Weise verstellt. Damit kann die Ausgangsgröße (gesteuerte Größe) der sich anschließenden Übertragungsglieder der **Steuerstrecke** (Wirkungsweg der S.), z. B. Temperatur in Härteöfen, Kurs und Geschwindigkeit von Fahrzeugen, Helligkeits- und Schärfereinstellung von Fernsehempfängern, beeinflußt werden. Steuerketten müssen so aufgebaut sein, daß von der S. selbst nicht erfaßte \rightarrow Störgrößen die gesteuerte Größe nur vernachlässigbar beeinflussen; sonst ist eine Regelung erforderlich.

Eine **selbsttätige S.** oder **automatische S.** (meist kurz S. genannt) ist eine S., bei der alle Vorgänge innerhalb der Steuerkette nur durch Geräte ausgeführt werden. Eine S. heißt auch dann selbsttätig, wenn sie durch ein von Hand gegebenes Signal ausgelöst wird und danach automatisch arbeitet. Eine **nicht selbsttätige S.** oder **Handsteuerung** ist eine S., bei der die Aufgabe mindestens eines Gliedes des Wirkungsweges ständig vom Menschen übernommen wird.

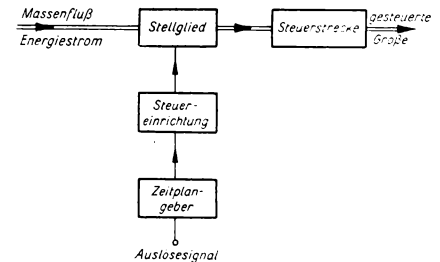
Nach der Art der Steuersignale unterscheidet man **stetige, digitale (numerische) und binäre S.en**, nach der Art der Hilfsenergie **pneumatische, hydraulische und elektrische S.en**, nach der Art der Aufgabenstellung z. B. Druck-, Mengen- oder Drehzahlsteuerungen.

Nach den Besonderheiten der Eingangsgrößen unterscheidet man **Führungs-, Zeitplan- und Ablaufsteuerung**. Bei der **Führungssteuerung** (Folge-



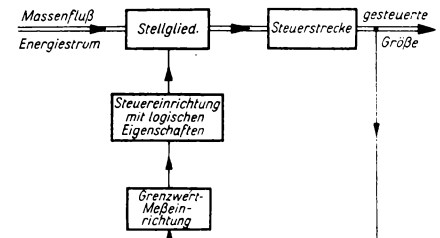
1 Wirkungsschema einer Führungssteuerung

steuerung, Abb. 1) wird die gesteuerte Größe eindeutig durch die \rightarrow Führungsgröße bestimmt. Im Gegensatz zur Regelung wird der erwünschte technische Vorgang ausschließlich durch die Führungsgröße oder den Sollwert ausgelöst, ohne auf den Erfolg oder die Güte der S. Rücksicht zu nehmen. Eine Führungssteuerung ist z. B. die S. der künstlichen Beleuchtung (gesteuerte Größe) über eine Photozelle, die nur die Tageshelligkeit (Führungsgröße) erfaßt. Bei der **Zeitplansteuerung** (Programmsteuerung, Abb. 2) ist die gesteuerte Größe durch einen Zeitplan eindeutig bestimmt. Der Zeitplan wird in einem Zeitplangeber gespeichert und das eingegebene Programm nach erfolgtem Start abgearbeitet. Dosierungs- und Reaktionsvorgänge bei einem chemischen Prozeß, deren zeitlicher Ablauf von vornherein festliegt, können z. B. durch eine Kurvenscheibe (Zeitplangeber) gesteuert werden.



2 Wirkungsschema einer Zeitplansteuerung

Bei der **Ablaufsteuerung** (Abb. 3) ist die gesteuerte Größe nur von den Zuständen (Abläufen) bestimmter Größen der S. selbst und von einem Programm abhängig. Das Programm gibt an, wie die Ausgangsgrößen des Programmgebers von den erfaßten Größen der S. abhängen. In vielen Fällen sind Ablaufsteuerungen spezielle Schaltsysteme, und die Programme werden über Lochkarten, Lochstreifen oder Magnetband in den Programmgeber eingegeben. Beispiele für Ablaufsteuerungen: Eine Motorpumpe pumpt auf Grund eines Auslösesignals Flüssigkeit in



3 Wirkungsschema einer Ablaufsteuerung

einen Behälter. Der Motor wird automatisch abgeschaltet, wenn ein bestimmter Behälterstand erreicht ist, und bleibt abgeschaltet, bis ein neues Auslösesignal gegeben wird. Bei einer Aufzugssteuerung ist ein Programm fest eingebaut, das auf Grund verschiedener Auslösesignale in Abhängigkeit von der jeweiligen Stellung des Aufzuges abgefertigt wird und neue Steuerbefehle veranlaßt.

Unter \rightarrow Fernsteuerung versteht man die S. eines Vorgangs über größere Entfernungen.

Lit. Bär: Einführung in die Schaltalgebra (Berlin 1965); Berg: Hydraulische S.en (Berlin 1965); Gottschalk: Bauelemente der elektrischen Steuerungstechnik (3. Aufl. Berlin 1967); Ten Brink u. Kauffold: Entwurf und Ausführung von Steueranlagen (2. Aufl. Berlin 1966); Wiedmer: Technische Informationen messen - steuern - regeln (5. Aufl. Berlin 1967); Zühlendorf: Grundlagen der Steuerungstechnik für die Elektroautomatisierung von In-

dustrieanlagen (2. Aufl. Berlin 1959), Kleines Handb. der Steuerungstechnik (2. Aufl. Berlin 1963); Bär u. Fuchs: Kleines Lexikon der Steuerungs- und Regelungstechnik (Berlin 1966); Bär, Gottschalk, Hantke: Steuern und Regeln in der Elektrotechnik (4. Aufl. Berlin 1967); Goldner u. Müller: Steuern und Regeln (Leipzig, Jena, Berlin 1967); TGL 14591 Steuerungs- und Regelungstechnik, Begriffe und Benennungen; Ztschr. „messen – steuern – regeln“ mit Beilage „Automatisierungspraxis“ (Berlin).

Steuerungs- und Regelungstechnik, → Regelungs- und Steuerungstechnik.

Steuerwagen, ein Eisenbahnwagen ohne eigenen Antrieb mit einem Führerstand, von dem aus ein an beliebiger Stelle im Zug eingestellter Triebwagen oder eine Lokomotive gesteuert werden kann. Dadurch ist ein Rangieren bei Rückwärtsfahrt des Zuges nicht nötig (→ Wendezugbetrieb).

Stevn *m*, das widerstandsfähige Bauteil, das ein Schiff vorn (**Vorstevn**) und hinten (**Hinterstevn**) abschließt. Der S. ist meist aus Grobblech hergestellt (**Plattenstevn**), seltener ist er ausgeführt als Schmiedestück, Gußteil (**Gußstevn**) oder **Balkenstevn** aus Flachstahl bzw. Holz. Der Hinterstevn trägt meist das Ruder und bei Einschraubenschiffen die Schraube, bei Dreischraubenschiffen die mittlere Schraube; er besteht dann aus **Ruder- und Schraubstevn**.

STH, Abk. für Somatotropin, → Hormone.

Stibium, → Antimon.

Stibnit, svw. → Antimonit.

Stichkappe, ein kleines Gewölbe mit waagerechter oder geneigter Achse (Gewölbekappe), das als Überdeckung einer Eingangs- oder Belichtungsöffnung in ein Hauptgewölbe einschneidet.

Stickstoff, Symbol **N** [von Nitrogenium], chemisches Element aus der V. Hauptgruppe des Periodensystems; Ordnungszahl 7, Massenzahlen der Isotope 14 und 15, Atomgewicht 14,0067 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist III und V, auch I, II, IV, Litergewicht 1,2505 p bei 0° C und 760 Torr, D. 0,879 g cm $^{-3}$ bei –195,8 °C, F. –210,5 °C, Kp. –195,8 °C, kritische Temperatur –147,1 °C, kritischer Druck 33,5 atm, kritische D. 0,311 g cm $^{-3}$; 1771 von Scheele in der Luft nachgewiesen. S. ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das leichter als Luft ist. Er unterbindet die Atmung, brennt selbst nicht und unterhält auch nicht die Verbrennung anderer Stoffe. Gewöhnlich tritt S. molekular als **Distickstoff** N_2 auf. Die Bindung der beiden Atome ist sehr fest, deshalb ist der gewöhnliche Luftstickstoff sehr reaktionsträge. Durch erhebliche Wärmezufuhr oder elektrische Glimmentladung unter vermindertem Druck spalten sich die Moleküle in atomaren S., der lebhaft mit den meisten anderen Elementen reagiert.

Vorkommen. Freier molekularer S. bildet den Hauptbestandteil der atmosphärischen Luft (78 %). Gebunden findet er sich in der anorganischen Natur, z. B. in Chilesalpeter, Ammoniak und in Nitriden, und in der organischen Natur,

z. B. in sämtlichen Eiweißstoffen, in Chlorophyll, Lezithin und im Harnstoff. In der Natur findet ein ständiger **Stickstoffkreislauf** statt.

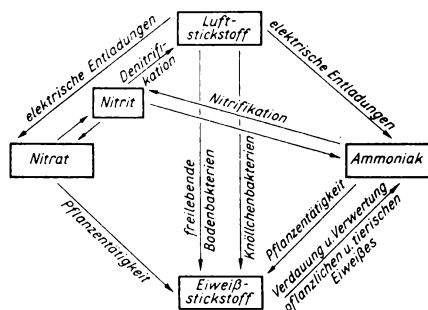
Die Menge Stickstoff, die durch elektrische Entladungen gebunden wird, ist äußerst klein. Die Denitrifikation und Nitrifikation sind bakterielle Prozesse. Im Gegensatz zur Denitrifikation ist der Nitrifikationsvorgang reversibel.

Gewinnung und Verwendung. Aus der Luft wird S. in großen Mengen zur Darstellung von Ammoniak durch Bindung des Luftsauerstoffs an Kohle (→ Haber-Bosch-Verfahren) oder durch fraktionierte Zerlegung von flüssiger Luft gewonnen (→ Luftzerlegung). Reinen Stickstoff stellt man durch Erhitzen von Ammoniumnitrit oder Bariumazid her. Elementarer S. wird als chemisch sehr träges Füllgas in Brennstoffbehältern, Glühlampen und bei chemischen Reaktionen als Schutzgas verwendet, um z. B. Explosionen oder unerwünschte Oxydationsvorgänge zu verhindern. Hauptsächlich aber wird er in seinen Verbindungen, und zwar als → Stickstoffdüngemittel, in der Sprengstoff- und der chemischen Industrie, verwendet.

Stickstoffverbindungen. Stickstoffoxide: **Distickstoffoxid**, N_2O , ein farbloses, süßlich riechendes Gas, wirkt in geringen Konzentrationen berauschend und ruft Lachlust hervor (**Lachgas**), dient in der Medizin zu Narkosezwecken; **Stickstoffmonoxid** (**Stickstoffoxid**, **Stickoxid**), NO , ein farbloses, sehr reaktionsfähiges Gas, starkes Oxydationsmittel, wichtiges Zwischenprodukt bei der Gewinnung von Salpetersäure; **Stickstoffdioxid**, NO_2 , ein rotbraunes, stechend riechendes, sehr giftiges Gas, wirkt ebenfalls stark oxydierend, mit Wasser setzt es sich zu Salpetersäure und salpetriger Säure um, mit Wasserstoff reagiert es unter Bildung von Ammoniak und Wasser, über 200 °C zerfällt es in Stickstoffmonoxid und Wasser. Stickstoffdioxid fällt als Zwischenprodukt bei der Gewinnung von Salpetersäure an. — Die beständige Sauerstoffsäure des S.s ist die → Salpetersäure, weniger beständig ist die → salpetrige Säure. — Wichtige Wasserstoffverbindungen des S.s sind das → Ammoniak, das → Hydrazin, ferner die **Stickstoffwasserstoffsäure**, HN_3 , eine wasserhelle, stechend riechende, schwache, sehr unbeständige giftige Säure, die bei Berührung mit heißen Gegenständen heftig explodiert, ihre Salze sind die → Azide. Verbindungen des S.s mit Metallen und einigen Nichtmetallen heißen → Nitride.

Stickstoffdüngemittel, **Stickstoffdünger**, solche Düngemittel, die als wesentlichen Bestandteil den Pflanzennährstoff Stickstoff enthalten. Sie werden nach ihrem Gehalt an Reinstickstoff bewertet, ihre Düngewirkung ist weitgehend von der chemischen Bindungsform des Stickstoffs abhängig. Stickstoff ist als Bestandteil aller Eiweißverbindungen ein für den Aufbau der lebenden Substanz unentbehrlicher Pflanzennährstoff. Durch S. wird vor allem die Massenzunahme der Pflanzen gefördert.

Man verwendet folgende S.: 1) S. mit **organischem Stickstoff**, z. B. Stalldung, Jauche, Humusdüngemittel, vor allem aber Amiddünger, die den Stickstoff als Amid enthalten, z. B. Kalkstickstoff (mindestens 20 % Stickstoff) und Harnstoff (46 % Stickstoff). 2) **Ammoniakdünger**, die den Stickstoff als Ammoniumion NH_4^+ enthalten und von nachhaltiger Wirkung und physiologisch saurer Reaktion sind: Ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (20 bis 21 % Stickstoff), Ammoniumchlorid NH_4Cl (24 % Stickstoff) und Kalkammoniak (15 % Stickstoff). 3) **Salpeterdünger** (**Nitratdünger**), die Stickstoff als Nitration NO_3^- enthalten und schnellwirkend und physiologisch alkalisch sind: Natronsalpeter NaNO_3 (Natriumnitrat, etwa 16 % Stickstoff), Kalksalpeter $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (Kaliumnitrat, etwa 15,5 %) und Kali-



Stickstoffkreislauf in der Natur

salpeter KNO_3 (Kaliumnitrat, 13% Stickstoff).

4) **Kombinierte Ammoniak-Salpeterdünger** mit universeller Stickstoffwirkung: Kalkammonsalpeter, ein Gemisch aus Ammoniumnitrat und Leunakalk (20 bis 21% Stickstoff, 30 bis 40% CaCO_3) und Ammonsulfatsalpeter (Montansalpeter, Leunasalpeter, 26% Stickstoff), ein Doppelsalz, hauptsächlich der Zusammensetzung $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Stickstoffhaltig sind meist auch die Mehrnährstoffdünger.

Große Bedeutung haben die **flüssigen S.** Zu ihnen gehören vor allem flüssiges Ammoniak NH_3 (82,3% Reinstickstoff), die Ammoniakate (Gesamtstickstoffgehalt bis etwa 46%) und Ammoniakwasser (etwa 20% Reinstickstoff), → Flüssigdünger.

Ein Ziel agrilkulturchemischer Forschung ist es, schwerlösliche S. zu schaffen, die im Boden als „langsam und gleichmäßig fließende Stickstoffquelle“ wirken können. Bezogen auf Reinstickstoff gibt man je Ernte für Getreide 30 bis 60 kg/ha und für Hack- und Ölfürchte 60 bis 120 kg/ha.

Lit. → Düngemittel.

Stift, ein Maschinenelement zum Verbinden und Sichern von Maschinenteilen. Man unterscheidet Zylinder-, Kegel- und Kerbstifte. 1) **Zylinderstifte** sind zylindrisch geschliffene Stahlstifte mit ebener, balliger oder angefaster Stirnfläche, je nach Passung verschieden verwendbar (Paßstifte, Verbindungs- und Befestigungsstifte, Nietstifte). Paßstifte werden meist paarweise zur Lagefixierung zweier Maschinenteile zueinander verwendet. Sie werden zu diesem Zwecke in Bohrungen eingeschlagen, die im zusammengebauten Zustand gebohrt und aufgerieben worden sind. Sie können auch Scherkräfte übertragen. Verbindungs- und Befestigungsstifte übernehmen die Funktion von Achsen. 2) **Kegelstifte** sind schwach kegelig (Kegel 1:50) geschliffene Stahlstifte. Sie können wie Paßstifte oder wie Querkeile verwendet werden und dienen zur Zentrierung von Maschinenteilen. 3) **Kerbstifte** sind aus Stahl, Messing, Aluminium u. a. gefertigt und haben einen zylindrischen Schaft, in den in der Längsrichtung drei um 120° versetzte Kerben eingewalzt oder eingepreßt sind. Die Wülste der Kerben üben durch ihre Elastizität eine spannende Wirkung aus und pressen sich beim Einschlagen gegen die Wandung des Loches, wodurch ein rüttelfester Sitz erzielt wird.

Stigmasterin, ein Phytosterin (→ Sterine). S. findet sich vor allem im Öl der Kalabariohne, in Sojabohnen und Mohrrüben. Es ist wichtiges Ausgangsmaterial für die Gewinnung einer Reihe von Steroidhormonen.

Stilb, Kurzsz. sb, gesetzliche Einheit der Leuchtdichte. $1 \text{ sb} = 10^4 \text{ cd m}^{-2}$ (Candela/Quadratmeter) $= 1 \text{ cd cm}^{-2}$.

Stilpnosiderit, → Limonit.

stochastisch, svw. „unter Einfluß einer Zufallsgröße stehend“, oft synonym zu „zufällig“ gebraucht (s. Variable, s. er Prozeß), im Gegensatz zu → deterministisch. Zwei Zufallsgrößen X und Y heißen s. **abhängig** (oder kurz **abhängig**), wenn die Wahrscheinlichkeitsverteilung von Y bei beobachtetem X von diesem noch abhängt. Eine deterministische oder funktionelle Abhängigkeit $Y = f(X)$ braucht dabei nicht zu bestehen. Der Gegensatz dazu ist s. **unabhängig**.

Stöchiometrie, ein Arbeitsgebiet der Chemie, das sich mit der quantitativen rechnerischen Behandlung chemischer Reaktionen befaßt. Wichtige stöchiometrische Grundgesetze lauten: Jede chemische Verbindung enthält, gleichgültig auf welchem Wege sie dargestellt wird, ihre Bestandteile stets in dem gleichen Masseverhältnis, d. h., sie hat stets die gleiche Zusammensetzung (*Gesetz der konstanten Proportionen*, J. B. Richter 1792 und Proust 1799). Vereinigen sich zwei

Elemente in mehr als einem Verhältnis, bilden sie also miteinander mehr als eine Verbindung, so stehen die sich vereinigenden Massmengen beider Elemente im Verhältnis einfacher Zahlen (*Gesetz der multiplen Proportionen*, Dalton 1808). Gase reagieren so, daß ihre Volumina im Verhältnis kleiner ganzer Zahlen zueinander stehen (*Gesetz der konstanten Volumenverhältnisse*, Gay-Lussac 1808). Die S. setzt das *Gesetz von der Erhaltung der Masse* voraus, nach dem bei allen chemischen Vorgängen die Summe der Massen der Endprodukte gleich der Summe der Massen der Ausgangsstoffe ist.

Lit. Alexits u. Fenyo: Mathematik für Chemiker (dtsch. Leipzig 1962); Beskow: Technische-chemische Berechnungen (dtsch. 3. Aufl. Leipzig 1962); Fiedler: Chemisches Rechnen (6. Aufl. Leipzig 1961); Fromherz: Physikalisch-chemisches Rechnen in Wissenschaft und Technik (2. Aufl. Weinheim/Bergstraße 1980); G. O. Müller: Grundlagen der S. (6. Aufl. Leipzig 1987); Näser: Physikalisch-chemische Rechenaufgaben (Leipzig 1980); Nylen u. Wigren: Einführung in die S. (Darmstadt 1980); Opitz u. Schuhmann: Fachrechnen für Chemiearbeiter und -laboranten (6. Aufl. Leipzig 1983); Poethke u. Reuther: Grundlagen des chemischen Rechnens (4. Aufl. Dresden u. Leipzig 1984); Sirk u. Draeger: Mathematik für Naturwissenschaftler und Chemiker (9. Aufl. Dresden u. Leipzig 1983); Wittenberger: Rechnen in der Chemie (Wien 1961).

Stock, ein → Pluton.

Stockpunkt, die Temperatur, bei der (Schmier-) Öle so steif werden, daß sie in einem genormten Prüfgerät unter Einwirkung der Schwerkraft nicht mehr fließen.

Stoff, 1) allgemein: Masse; Substanz; Materie, soweit sie durch korpuskulare Struktur ausgezeichnet ist und ihr eine Ruhmasse eigen ist; alles, was sich aus Atomen eines oder mehrerer chemischer Elemente aufbaut, sich in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand befindet und einen bestimmten Raum einnimmt.

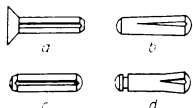
2) Papierherstellung: die durch Aufbereitung der Rohstoffe hergestellte Masse (→ Halbstoff und → Ganzstoff).

3) Textilindustrie: ein textiles Flächengebilde, das aus Fäden z. B. durch Weben (Gewebe), Wirken (Gewirke), Stricken (Gestrick) oder durch verschiedenartiges Verfestigen eines Faservlieses, z. B. durch Filzen oder teilweises Verkleben der Fasern (Vliesstoff), entsteht, → Textiltechnik.

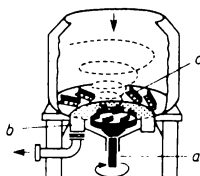
Stoffeigenschaftsändern, früher **Veredeln** genannt, eine Hauptgruppe der → Fertigungsverfahren, das Fertigen eines festen Körpers durch Umlagern, Aussondern oder Einbringen von Stoffteilen (TGL 21639). 1) Zum **Umlagern** gehören die Verfahren Weichglühen, Normalglühen, Grobkornglühen, Spannungsfreiglühen, Anlassen, Abschreckhärten, Vergüten, Patentieren, Aushärten, Altern, Flammhärten, Induktionshärten und Tauchhärten. 2) Zum **Einbringen** gehören die Verfahren Einsetzen, Nitrieren, Karbonitrieren, Inchromieren, Alitieren, Sherardisieren, Phosphatieren, Elloxieren. 3) Das **Aussondern** wird unter anderem vorgenommen durch Tempern, Reinigen, Scheuern, Bürsten, Ultraschallschwingen, Strahlen, Beizen, Waschen, Spülen.

Das Einbringen und das Aussondern wurden früher zusammenfassend als Oberflächenbehandlung bezeichnet.

Stofflöser, **Turbolöser**, **Pulper**, modernes kontinuierlich oder diskontinuierlich arbeitendes Stoffauflösergerät, ähnlich in der Wirkungsweise dem bisher an seiner Stelle verwendeten Kollergang (Abb.). Im Boden einer zylindrischen Bütte ist ein schaufelbesetzter Rotor eingebaut, der den unter Wasserzusatz eingetragenen Stoff herumwirbelt. Rings um den Rotor am Boden angebrachte feste Messer bremsen die Rotation ab, so daß eine eiförmige, im Zentrum senkrecht nach oben oder unten verlaufende Stoffbewegung



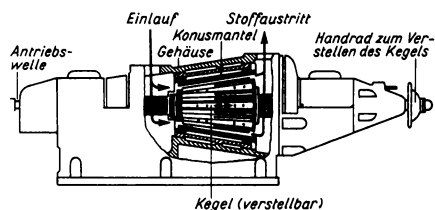
Kerbstifte: a Kerbnagel zur Befestigung von Schildern auf Metall, b Kegelfstift als Verbindungs- und Befestigungsstift, c Zylinderkerbstift als Verbindungs- und Befestigungsstift, d Haltestift für Zugfedern u. dgl.



Schematische Darstellung des Stofflösers. a Rotor, b Stoffsammelkanal mit darüberliegendem Sieb, c Messer

entsteht. S. werden in der Papier- und Zellstoffindustrie zum Auflösen von Altpapier, Zellstoff und Holzschliff sowie zum Mischen von Faserstoffuspensionen mit Füllstoffen, Farben, Chemikalien u. a. verwendet.

Stoffmühle, Refiner, eine kontinuierlich arbeitende Maschine, die bei der Papierherstellung zum Mahlen (Quetschen und Schneiden) von Halbstoff eingesetzt wird. 1) **Hydromühlen** (Jordmühlen, Kegelstoffsäulen) bestehen aus einem Behälter mit konisch geformter und mit Messern versehener Innenwand. In ihm rotiert ein ebenfalls konischer und mit Messern ausgerüsteter Mahlkörper, der in Richtung seiner Achse verschiebbar ist, so daß die Spaltweite zwischen den Messern je nach dem gewünschten Mahlgrad des Stoffes verändert werden kann. Neuerdings gibt es auch Hydromühlen, bei denen der Mantel ebenfalls, und zwar gegenläufig zum Mahlkörper,



Kegelstoffsäule

rotiert. 2) **Scheibenmühlen** haben als Mahlelemente 2 mit Messern besetzte Planscheiben, von denen entweder eine oder beide (gegenläufig) angetrieben werden und deren Abstand dem gewünschten Mahlgrad entsprechend verändert werden kann. Neuerdings werden auch 3-Scheiben-Stoffmühlen eingesetzt, bei denen die mittlere Scheibe rotiert, ferner 4-Scheiben-Stoffmühlen, besetzt mit verschiedenen starken Messern in unterschiedlicher Anordnung, die besonders zur Stoffmahlung für ganz dünne Papiere, z. B. Zigaretten- und Kondensatorpapier, geeignet sind.

Stofftrennung, → Trennen.

Stokes, Kurzz. St, nach dem englischen Mathematiker G. G. Stokes benannte gesetzliche Einheit der kinematischen Viskosität. $1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$. **Zentistokes**, Kurzz. cSt, $= 10^{-2} \text{ St}$. **Millistokes**, Kurzz. mSt, $= 10^{-3} \text{ St}$.

STOL-Flugzeug, → Kurzstart.

Stollen, 1) eine von einem Hang aus waagrecht oder leicht ansteigend in den Berg getriebene Strecke zur Lagerstätte. Das **Stollenmundloch**, der Eingang des S.s, muß so hoch über der Talsohle liegen, daß der S. auch bei Hochwasser nicht gefährdet und ein günstiger Haldensturz möglich ist.

2) ein unterirdischer Kanal zur Entwässerung von Bergwerken.

Stopfbüchse, ein Maschinenteil zum Abdichten von Gehäusen gegenüber Gasen, Dämpfen, Flüssigkeiten, innerem und äußerem Überdruck da, wo Stangen, Spindeln oder Wellen ins Freie führen (z. B. Kolbenstange bei Dampfmaschinenzylindern). Die S. besteht aus einem angebossenen Flansch am Gehäuse, in dessen zylindrische Ausdehnung das Dichtmittel (Hanf, Baumwolle, Gummi, Leder, Metallpackungen u. dgl.) durch Anziehen der Brille eingepreßt und gehalten wird.

Storcheschnabel, svw. → Pantograph.

Störgröße, eine Größe, die in ungewollter Weise von außen in den Signalfußweg eingreift und die → Steuerung und → Regelung beeinträchtigt. S.n sind z. B. Schwankungen der Versorgungsspannung in elektrischen Anlagen oder Belastungsschwankungen bei Antriebsmaschinen. Häufig handelt es sich bei solchen Schwankungen um regellose (stochastische) Vorgänge.

S.n kann bei Steuerungen nur dann begegnet werden, wenn sie selbst oder ihre Auswirkungen bekannt sind und im Steuerungsvorgang Berücksichtigung finden. Im Regelkreis werden S.n bei richtiger Bemessung des Systems ausgeglichen, d. h. ihr Einfluß beseitigt oder weitgehend eingeschränkt. Ist darüber hinaus die S. meßbar, so kann sie über ein Steuerglied auf das → Stellglied oder auf den Regler geschaltet werden, um die zu erwartende Wirkung auf die → Regelgröße zu kompensieren. Eine solche Regelung mit überlagerter Steuerung wird als **Störgrößenaufschaltung** (**Störwertaufschaltung**) bezeichnet.

Störerschutz, in der Nachrichtentechnik technische Maßnahmen und Einrichtungen, die verhindern, daß Störungen verursachende Hochfrequenzenergie in Empfangssysteme oder Geräte eindringt bzw. entsprechende Sender verläßt. Als Störerschutzmaßnahmen werden z. B. Störschutzkondensatoren und -drosseln in besonderen Schaltungen verwendet. **Fernsprechstörungen** werden vom Fernsprechentstörungsdienst festgestellt; Kabelfehler nach → Fehlerortsbestimmung beseitigt. **Funkstörungen** werden behoben a) am Empfänger durch Beseitigung aller Wackelkontakte, Überschlüsse u. dgl., Einbau von Sperrkreisen zur Schwächung der störenden Sender, Errichten von Hochantennen mit abgeschirmten Zuleitungen zur Empfangsanlage, Anbringen von Richtantennen; b) an der Störquelle durch elektrische Abschirmung mittels Entstörkappen an den Zündkerzen von Kraftfahrzeugen, Überbrücken von Kontakten mit Kondensatoren und Widerständen, Einschalten von Siebmitteln an einer Störquelle zur Vermeidung der Ausbreitung längs Leitungen, z. B. in die Netzzuführung.

Lit. Neimann: Funkempfangsstörungen (Leipzig 1953).

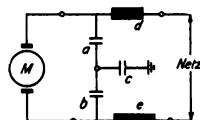
Störstelle, Abweichung vom regelmäßigen Bau eines Kristallgitters; sie kann durch Nichtbesetzung eines Gitterplatzes (Leerstelle), durch zusätzlichen Einbau von Atomen auf Zwischengitterplätzen oder durch Fremdatome hervorgerufen werden.

Störstellenleitung, → Halbleiter.

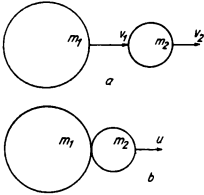
Störung, 1) Astronomie: die Abweichung eines Himmelskörpers von der durch die Keplerschen Gesetze beschriebenen Bahn durch die Anziehung anderer Himmelskörper (→ Himmelsmechanik). Die Größe der S. ist abhängig von der Masse der beteiligten Himmelskörper und ihren gegenseitigen Abständen. Sie ist im allg. gering, kann aber bei einem kleinen Himmelskörper, z. B. einem Kometen, der in große Nähe eines Planeten kommt, so stark sein, daß der Komet eine erheblich geänderte Bahn erhält. Lange andauernde, in derselben Richtung wirksame S.en (**säkulare S.en**) sind die Ursache der Lücken im System der kleinen Planeten (Wirkung der Planeten Jupiter und Mars) und der Lücken im Ringe des Saturn (Wirkung der Trabanten). Auch die Abweichung eines Planeten von der Kugelgestalt ruft S.en bei seinen Satelliten hervor. Diese S.en treten besonders deutlich bei der Bewegung der künstlichen Erdsatelliten in Erscheinung und gestatten eine genaue Berechnung der Erdabplattung.

2) Geologie: im weiteren Sinne svw. → Verwerfung, im engeren Sinne svw. → Dislokation.

3) Funktechnik: durch elektrische Entladungen entstehende Pfeif- und Knackgeräusche bzw. Streifen oder Moirémuster im Rundfunk bzw. Fernsehempfänger. Diese S.en werden z. B. durch Wackelkontakte, atmosphärische Entladungen oder durch gleichzeitiges Einwirken benachbarter Frequenz auf den Empfänger verursacht und können durch → Störerschutz verhindert werden.



Entstörung eines Elektromotors M. a, b, c Störschutzkondensatoren, d, e Drosselspulen



Zwei unelastische Massen vor dem Stoß (a) und nach dem Stoß (b)

Stoß, 1) die gegenseitige Kraftwirkung beim kurzzeitigen Zusammentreffen zweier Körper, wobei eine plötzliche Änderung der Geschwindigkeit eintritt. Zwischen den beiden Grenzformen, dem vollkommen elastischen S. und dem vollkommen unelastischen (plastischen) S., gibt es unzählige Zwischenformen. In jedem Fall bleibt der Gesamtimpuls der beiden Körper erhalten, beim elastischen S. außerdem die kinetische Energie, während beim unelastischen S. ein Teil der kinetischen Energie in Verformungsarbeit und Wärme umgewandelt wird. Von praktischer Bedeutung ist der vollkommen unelastische S. Treffen zwei unelastische Massen m_1 und m_2 (Abb. a) mit den Geschwindigkeiten v_1 und v_2 aufeinander, so platten sie sich ab und fliegen mit der gemeinsamen Geschwindigkeit u weiter (Abb. b). Die gemeinsame Geschwindigkeit nach dem S. läßt sich berechnen zu $u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$.

Der **Stoßverlust** an kinetischer Energie beträgt

$$A = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{(v_1 - v_2)^2}{2} \text{ [m kp]}.$$

Beim Schmieden will man eine große Formänderung erzielen; der Stoßverlust ist also hier Nutzarbeit. Leichter Hammer und große Masse von Amboß oder Schabotte ergeben besten Wirkungsgrad; ebenso sind Niethämmer immer leicht.

Beim Eintreiben von Pfählen durch Rammen dagegen soll der einzutreibende Körper aus der Anfangsgeschwindigkeit $v_2 = 0$ möglichst ohne Formänderung in Bewegung versetzt werden. Man strebt also eine hohe gemeinsame Geschwindigkeit u nach dem S. an. Mit $v_2 = 0$ wird $u = \frac{v_1}{1 + m_2/m_1}$ um so größer, je größer die Aufprallgeschwindigkeit v_1 und je kleiner das Verhältnis m_2/m_1 ist. Schwerer Hammer und leichter Pfahl ergeben also die günstigste Wirkung, da sich hierbei die gemeinsame Geschwindigkeit u der Geschwindigkeit v_1 annähert.

Über Stöße von Molekülen in einem Gas → molekularkinetische Theorie der Materie, → Stoßzahl.

2) die Treff- oder Berührungsstelle, z. B. von Bahnschienen (Schienenstoß, → Gleis) und Hölzern (→ Holzverbindungen).

3) Bergbau: als **Seitenstoß** die Seitenwand einer Strecke oder die Schachtwand, als **Arbeitsstoß** oder **Ortsstoß** auch die Querwand einer Strecke, an der der Vortrieb erfolgt, als **Abbaustoß** die Abbaufont im Kohlenstreb.

Stoßdämpfer, eine Einrichtung, die zwischen zwei gegeneinander bewegten, durch ein federndes Glied verbundenen Massen parallel zur Federung angebracht wird und nach einem äußeren Anstoß die Schwingungen dieses Systems so dämpfen soll, daß der Ruhezustand möglichst schnell wieder erreicht wird. Allgemein verbreitet bei Kraftfahrzeugen sind **Flüssigkeitsstoßdämpfer** (hydraulische S.). Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß die Schwingungen der einen Masse, z. B. des Aufbaues, auf einen Kolben übertragen werden, der in einem ölfüllten und mit der anderen Masse, z. B. der Radaufhängung, verbundenen Gehäuse gleitet. Beim Durchfedern kann das vom Kolben verdrängte Öl durch Bohrungen oder Ventile im Kolben und im Stoßdämpfergehäuse entweichen. Je nach der dabei auftretenden Strömungsgeschwindigkeit und der Viskosität des Stoßdämpferöles erfolgt eine stärkere oder schwächere Dämpfung. Moderne S. sind doppelwirkend, sie dämpfen sowohl beim Einfedern als auch beim Ausfedern des Rades. Besonders günstig sind **Teleskopstoßdämpfer**, die unter anderem den Vorteil der direkten Anbringung am Rahmen und an Achse oder Rad und den Vorteil großer Dämpfungswege und

kleiner Öldrücke haben. Bei den nur noch selten verwendeten **Reibungsstoßdämpfern** wird die dämpfende Wirkung durch die Reibung zwischen Scheiben erzielt, die mit konstanter, einstellbarer Kraft gegeneinandergepreßt werden.

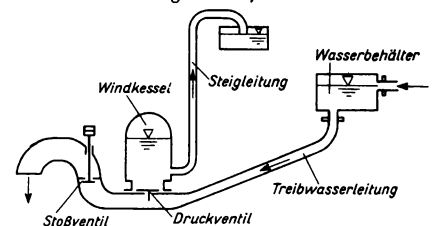
Stoßdämpfung, 1) Physik: die Vergrößerung der Dämpfung und damit die Verkürzung der Abklingzeit eines von einem Atom oder Molekül ausgesandten Lichtwellenzuges (Lichtquant) durch Zusammenstoß des emittierenden Teilchens mit anderen Teilchen in einem Gas. Die S. ist vom Druck abhängig und neben der Strahlungsdämpfung eine Ursache für die Verbreiterung von Spektrallinien.

2) Kraftfahrzeugtechnik: → Stoßdämpfer.

Stoßdiffusor, → Verdichtungsstoß.

Stößen, → Hobeln.

Stoßheber, hydraulische Widder, eine Pumpanlage, bei der durch die kinetische Energie des fließenden Wassers ein Teil desselben über das Niveau des Zuflußbehälters gehoben wird. Das Wasser eines Behälters, z. B. Teich, See, Talsperre, Fluß, fließt an einer tiefer gelegenen Stelle durch ein Stoßventil aus. Ist die Strömungsgeschwindigkeit so groß geworden, daß infolge der Druckverluste hinter dem Stoßventil ein genügend großer Unterdruck entsteht, wird das Stoßventil hochgerissen und schließt die Ausflußöffnung. Das plötzlich verzögerte Wasser übt infolge seiner Bewegungsenergie einen Stoß aus, wodurch sich ein Druckventil öffnet, durch das Wasser in einen Windkessel tritt. Das Luftpolster wird zusammengedrückt und fördert das im Windkessel befindliche Wasser durch eine Steigleitung in einen zweiten, höher gelegenen Behälter. Nachdem sich der Wasserdruck auf das Stoßventil verringert hat, öffnet sich dieses.



Stoßheber

Das Wasser fließt aus der Leitung ins Freie, und der beschriebene Vorgang wiederholt sich. Der Windkessel gleicht das stoßweise Eindringen des Wassers durch das Druckventil aus, um einen gleichmäßigen Ausfluß aus der Steigleitung zu erzielen. Der S. wird für kleine Förderströme (bis 60 m³/h) und Förderhöhen bis 10 m zur Bewässerung von Gartenanlagen und Feldern verwendet. Mit guten Apparaten können Steighöhen erreicht werden, die größer als das 20fache der Fallhöhe sind.

Stoßionisation, → Gasentladung.

Stoßläppen, → Ultraschallbohren.

Stoßofen, ein → Wärmeofen.

Stoßquerschnitt, → Wirkungsquerschnitt.

Stoßrohr, svw. → Stechrohr.

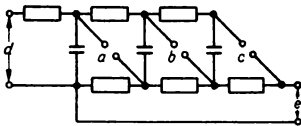
Stoßschaufellader, eine → Lademaschine zum diskontinuierlichen (stoßweisen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut, besonders vor Ort im Untertagebergbau. S. sind mit einer breiten Ladeschaufel versehen, die stoßartig in das Haufwerk getrieben und nur langsam zurückgezogen wird (Imitierung des menschlichen Schaufelns). Das Gut gelangt auf eine Schüttelrutsche bzw. einen Gummigürtelförderer. S. sind entweder mit luftbereiften Rädern oder Gleisketten ausgerüstet und werden durch einen Dieselmotor angetrieben, oder sie sind schienenfahrbar (im Untertagebetrieb).

und haben Druckluftantrieb. Ähnlich wie der S. arbeitet der → Zughakenlader.

Stoßspannung, eine einzelne aperiodische elektrische Spannungswelle von der Dauer eines Bruchteils einer Millisekunde. Die S. wird hauptsächlich zur Prüfung elektrischer Isolatoren u. a. in einer → Stoßspannungsanlage künstlich erzeugt. Sie wird durch ihren Spitzenwert und ihre Form gekennzeichnet und stellt eine Nachbildung einer mittleren, in elektrischen Anlagen auftretenden Blitzüberspannung dar.

Stoßspannungsanlage, **Stoßspannungsgenerator**, eine elektrische Anlage zur Erzeugung von Stoßspannungen mit Hilfe einer niedrigeren angelegten Gleichspannung. Die S. besteht aus parallelgeschalteten Kondensatoren, die über hohe Ohmsche Widerstände miteinander verbunden sind. Hat die Spannung einen bestimmten Wert erreicht, so tritt an eingelegten Funkenstrecken Funkenüberschlag ein. Durch diese leitende Verbindung werden die Kondensatoren nun hintereinandergeschaltet, so daß sich ihre Spannungen addieren, wobei man bis zu 10 Millionen Volt erreicht. S.n dienen zur Erzeugung künstlicher Blitze, zur Prüfung von Isolatoren, Transformatoren, Spulen, Freileitungen u. a. Bauteilen auf Belastung durch Stoßspannungen, denen sie z. B. bei natürlicher Blitzeinwirkung ausgesetzt sind.

Lit. Strigel: Elektrische Stoßfestigkeit (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956).



Stoßspannungsanlage. a, b, c Funkenstrecken, d niedrige Gleichspannung, e hohe Stoßspannung

Stoßspannungsgenerator, svw. → Stoßspannungsanlage.

Stoßstelle, → Systemwechsel.

Stoßstromerzeuger, ein Gerät zur Erzeugung hoher, sehr kurzzeitiger Ströme. Als S. können z. B. mechanisch sehr stabil gebaute Generatoren benutzt werden, die die hohe Kurzschlußleistung der mechanischen Energie eines angekoppelten Schwungrades entnehmen. Einfache S. sind auch große Kondensatorbatterien, die mit Strömen der üblichen Größenordnung längere Zeit geladen werden und dann nach Umschaltung die gespeicherte Energie stoßartig abgeben können. Man verwendet S. z. B. zur Magnetisierung von Dauermagneten, zur Erzeugung sehr hoher Magnetfeldstärken in Elektromagneten für experimentelle Zwecke und in der Kernphysik, für Untersuchungen in der Gasentladungs- und Festkörperphysik oder zur Prüfung elektrischer Leitungen und Isolatoren, die direkten Blitzeinschlägen ausgesetzt sind.

Stoßverlust, in der Strömungslehre 1) früher benutzter Begriff für die Strömungsverluste von schlanken Körpern, z. B. Tropfenprofilen, bei Anströmung unter einem Winkel; 2) → Verdichtungsstoß.

Stoßzahl, 1) der Faktor, mit dem die statisch errechneten Beanspruchungen aus Verkehrslasten multipliziert werden müssen, um Erschütterungen und Stöße, z. B. bei Eisenbahnbrücken, zu berücksichtigen.

2) S. der Moleküle, die Zahl der Zusammenstöße, die ein Molekül eines Gases infolge seiner ständigen Bewegung mit anderen Molekülen im Mittel in 1 Sekunde erfährt. Die S. ist von Druck und Temperatur abhängig und beträgt für Wasserstoff bei 1 atm und 0 °C etwa 10^{10} .

3) das Verhältnis der Relativgeschwindigkeiten zweier Körper vor und nach einem Stoß an der Stoßstelle: $\epsilon = \frac{v_{1n} - v_{2n}}{v_{2v} - v_{1v}}$, wobei v_n die Ge-

schwindigkeit vor dem Stoß, v_n die Geschwindigkeit nach dem Stoß ist. Die S. liegt zwischen den Grenzen $\epsilon = 1$ (vollkommen elastischer Stoß, bei dem keine Energieumwandlung stattfindet) und $\epsilon = 0$ (vollkommen unelastischer Stoß, bei dem die beiden Körper nach dem Stoß die gleiche Geschwindigkeit haben).

Strahl, 1) Mathematik: eine einseitig begrenzte, mit einer Richtung versehene gerade Linie, z. B. die positive x-Achse in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem, die auf der einen Seite durch den Nullpunkt des Koordinatensystems begrenzt wird. Zum Unterschied davon → Strecke, → Gerade.

2) Physik: ein zusammenhängender, räumlich begrenzter, gerichteter Masse- oder Energiestrom (z. B. Flüssigkeitsstrahl, Elektronenstrahl, Lichtstrahl).

Strahlantrieb, → Strahltriebwerk.

Strahlen, ein Oberflächenbehandlungsverfahren mit Hilfe von Stahlkies, Hartgußkies, Drahtkorn, Korund, Quarzsand (**Sandstrahlen**) und anderen Strahlmitteln. Diese werden mittels **Strahlgebläsen** unter hohem Druck (bis etwa 7 at) oder mittels Schleuderrädern trocken oder naß unter Wasserzusatz auf die Oberfläche geschleudert. Das S. wird angewendet zum Reinigen von Metallen von Rost, Zunder, Kesselstein und Farbe, in der Gießerei zum Entfernen der Gußhaut von Gußstücken, auch zum Reinigen von Häuserfronten, zum Mattieren und zum Erzeugen von Mustern durch Auflegen von Schablonen.

Da beim S. mit Quarzsand durch Einatmen die Gefahr der Erkrankung an Silikose besteht, ist das Sandstrahlen nur mit Ausnahme genehmigung anwendbar. In diesen Fällen ist Schutzkleidung zu tragen und in geschlossenen Räumen der entstehende Sandstaub abzusaugen.

Strahlenbiologie, ein Teilgebiet der Biophysik, das die Wechselwirkung zwischen Strahlungsenergie und lebenden Systemen auf molekularer, subzellulärer, zellulärer, organischer und Populationsebene untersucht. Das Studium der an den Systemen auftretenden Strahlenschäden liefert die Grundlage für den Strahlenschutz und die medizinischen Anwendungen der Röntgenstrahlen und der Radioaktivität. Die im Welt- raum auf den Organismus wirkenden Strahlungen stellen ein besonderes Problem der Welt- raumbiologie dar.

Strahlenblende, → Sphalerit.

Strahlenchemie, **Radationschemie**, ein Teilgebiet der Chemie, das sich mit den chemischen und biochemischen Reaktionen befaßt, die durch ionisierende Strahlung ausgelöst werden. Strahlenchemische Reaktionen sind von großer wirtschaftlicher Bedeutung, da z. B. durch Bestrahlung von Kunststoffen deren Formbeständigkeit erhöht wird. Durch strahlenchemische Reaktionen werden aber auch schädliche Veränderungen lebender oder unbelebter Substanz hervorgerufen (→ Strahlenschäden).

Lit. Bach: Arbeiten über S. (dtsch Berlin 1960); Rexer u. Wuckel: Chemische Veränderungen von Stoffen durch energiereiche Strahlung (Leipzig 1965).

Strahlenschäden, die durch ionisierende Strahlung in lebenden oder unbelebten Substanzen hervorgerufenen Schäden. Von besonderem Interesse sind die S. am menschlichen Organismus, die z. B. beim fahrlässigen Umgang mit Radionukliden, bei Reaktorunfällen oder bei Kernwaffenexplosionen entstehen können. Sie unterscheiden sich stark nach der Art und Weise der Einwirkung der Strahlung. Eine äußere Bestrahlung mit Alpha- oder Betastrahlung, die nur wenig in das Körpergewebe eindringen, ruft im allgemeinen nur eine Schädigung der Haut hervor (Strahlenverbrennungen). Werden der ganze Körper oder größere Teile davon einer Strahlung mit hoher Durchdringungsfähigkeit (Röntgen-, Gamma- oder Neu-

tronenstrahlung) ausgesetzt, treten die Symptome der akuten Strahlenkrankheit auf. Die ersten Anzeichen dafür machen sich bei einer kurzzeitigen Ganzkörperbestrahlung mit etwa 25 rem bemerkbar, erste Todesfälle treten bei 100 bis 200 rem auf, bei etwa 400 rem ist mit einer Sterblichkeit von etwa 50 % zu rechnen. Als Ursache für S. haben neben den äußeren die inneren Strahlungsquellen, z. B. inkorporierte radioaktive Substanzen, eine im allgemeinen noch wesentlich größere Bedeutung. Die Inkorporation kann durch die Atmungsorgane, den Verdauungskanal oder die beschädigte oder unbeschädigte Haut erfolgen. Ein Teil der aufgenommenen radioaktiven Substanz wird nicht sofort wieder ausgeschieden, sondern im Körper abgelagert, bei einem großen Teil der Radionuklide selektiv in bestimmten Organen, z. B. den Knochen (Strontium-90, Radium-226), und nur sehr langsam wieder ausgeschieden. Falls das abgelagerte Radionuklid eine große Halbwertszeit hat, ergibt sich unter Umständen eine über viele Jahre andauernde Strahlungsbelastung des umliegenden Gewebes, die zu erheblichen Schädigungen führen kann, insbesondere, wenn es sich um eine Strahlung mit hoher Ionisationsdichte, z. B. Alphastrahlung, handelt. Besonders gefährdet ist das Knochenmark als blutbildendes Organ; als Folgen der S. treten in erster Linie Blutveränderungen (Anämie und Leukämie) auf. Bei Bestrahlung des Keimdrüsengewebes durch äußere oder innere Quellen können sich bereits bei geringen Dosen genetische Schäden, die sich in den folgenden Generationen auswirken (Mutationen), bemerkbar machen. Zur Erklärung der S. im Organismus werden ein direkter Mechanismus, der auf der Aufspaltung der komplizierten Eiweißmoleküle infolge der Ionisation beruht, und ein indirekter Mechanismus, der auf der Bildung biologisch aktiver Radikale bei der Bestrahlung des sich im Körper befindenden Wassers basiert, herangezogen.

Zur Verhütung von S. im menschlichen Organismus müssen beim Umgang mit radioaktiven Stoffen gesetzlich festgelegte Maßnahmen beachtet werden (→ Strahlenschutz), z. B. die Einhaltung der → Toleranzdosis.

Bei hohen Bestrahlungsdosen treten auch in unbelebten Substanzen S. auf, z. B. Zunahme der Sprödigkeit von Metallen, Verfärbung von Gläsern, Zerstörung von Plasten und Knallgasbildung im Wasser. Diese S. sind z. B. für die Reaktortechnologie von Bedeutung.

Lit. Chromow: Kombinierte Strahlenschädigungen (dtsh Berlin 1964).

Strahlenschutz (Tafel 45), der Schutz vor der schädigenden Einwirkung ionisierender Strahlung. Der S. ist in der DDR durch die Verordnung vom 10. 6. 1964 (GBI II/76 vom 6. 8. 1964) festgelegt. Beim Umgang mit ionisierender Strahlung, z. B. in Form radioaktiver Präparate, dürfen die maximal zulässigen Strahlungsdosen (→ Toleranzdosis) nicht überschritten werden. Dazu ist notwendig, nicht nur die von außen einwirkende Strahlung zu kontrollieren und durch geeignete Abschirmung (Absorber, Schutzschichten) oder hinreichende Entfernung herabzusetzen, sondern auch die Inkorporierung radioaktiver Substanzen (→ Strahlenschäden) zu vermeiden. Außerdem ist die Einhaltung der maximal zulässigen Konzentration (MZK) der radioaktiven Stoffe in der Umgebung zu gewährleisten. Die MZK für Wasser liegt z. B. bei $4 \cdot 10^{-12}$ Ci/l für nicht identifizierte Strahler.

Der S. fordert, daß in Arbeitsräumen und Labors für radioaktive Nuklide nicht gegessen, getrunken oder geraucht wird. Die Strahlungsdosen sind mit Hilfe von Dosimetern laufend zu kontrollieren. Über Abzüge hat eine ständige Entlüftung zu erfolgen. Die Räume müssen gut

sauer zu halten sein (fugenloser Fußboden, abwaschbare Wände). Von den inaktiven Raumgruppen, d. s. Räume ohne offene radioaktive Präparate, sind die aktiven Raumgruppen, in denen mit offenen radioaktiven Präparaten gearbeitet wird, durch Schleusen getrennt, in denen durch Meßgeräte eventuelle Aktivität der Hände und der Kleidung angezeigt wird. In der Schleuse ist Schutzkleidung anzulegen, die nur im Labor getragen werden darf. Grundsätzlich ist genügend Abstand schon ein guter Schutz; Stoffe geringer Aktivität können deshalb einfach mit langen Zangen gehandhabt werden. Für Arbeiten mit besonders stark radioaktivem Material gibt es „heiße“ Labors mit bis zu 2 m dicken Betonschutzwänden. Alle Arbeitsgänge müssen dabei mit Hilfe mechanischer Vorrichtungen (→ Manipulatoren) ferngesteuert durchgeführt werden. Die Beobachtung erfolgt über Spiegel, durch bis zu etwa 1 m dicke Bleiglas- oder Zinkbromidfenster oder auch durch industrielles Fernsehen. Die radioaktiven Abfallprodukte müssen ohne Gefahr für die Umgebung beseitigt werden (→ Atomtüll).

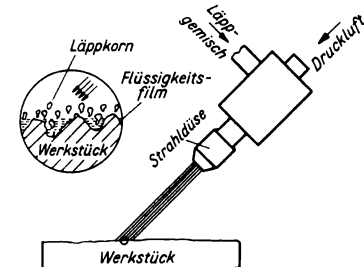
Der Umfang der Strahlenschutzmaßnahmen richtet sich z. B. nach der verwendeten Aktivität, der Art der Konfektionierung der Strahlungsquelle und der Radiotoxizitätsgruppe des Strahlers. Die bekannten radioaktiven Stoffe sind nach ihrer Gefährlichkeit in 4 Toxizitätsgruppen eingeteilt. Typische Vertreter sind: Klasse 1 (höchst toxisch) Strontium-90; Klasse 2 Jod-131; Klasse 3 Phosphor-32; Klasse 4 (am wenigsten toxisch) Kohlenstoff-14.

Lit. Abel, Roßbänder, Tolkendorf: S. und Dosimetrie in der Kerntechnik (Leipzig 1968); Huber u. Spode: Biologisch-chemischer S. Eine Übersicht in Tabellen (Bd I und II Berlin 1961); → Radionuklide.

Strahler, swv. → Strehler.

Strahlflugzeug, → Flugzeug.

Strahlhäppen, ein spanendes Feinbearbeitungsverfahren mit Iosem, in einem Flüssigkeitsstrahl hoher Geschwindigkeit geführtem Korn. Läppkorn und Flüssigkeit (meist Wasser) werden unter Druck einer Düse zugeführt, gemischt und beschleunigt (ungefähr 600 m/s). Das Gemisch wird mit hoher Geschwindigkeit durch die Strahldüse auf die Werkstückoberfläche gerichtet, die Rauheitsspitzen werden durch die Läppkörner abgespannt. Das S. wird für beliebig geformte Werkstücke zur Verbesserung der Oberflächengüte von Werkstückaußen- und -innenmaßen angewendet. Die erzeugten Oberflächen sind sehr widerstandsfähig und verschleißfest.



Prinzip des Strahlhäppens

Strahlmühle, eine Maschine zum Feinstzerkleinern weitgehend vorzerkleinerten Gutes. Das Mahlgut, z. B. chemische und keramische Produkte in Pulverform, wird von Gasen (Luft, überhitzter Dampf) mit hoher Geschwindigkeit über einen Aufgabenejektor in den Zerkleinerungsraum der S. transportiert und dort durch Hindernisse (schwebende Mahlgutteilchen, Mahlräume) stark abgebremst. Indem sich Mahlgut-

teilchen gegeneinander an den Wandungen stoßen, erfolgt das Zerkleinern vorwiegend durch Prall und Reibung.

Strahlpumpen, → Pumpe, → Vakuumpumpe.

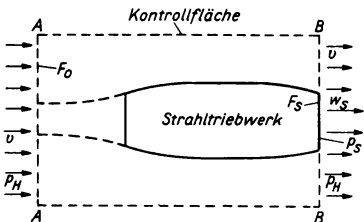
Strahlrohr, ein → Luftstrahltriebwerk.

Strahlruder, → Rakete.

Strahlstein, ein → Amphibol.

Strahlstrom, svw. → JET.

Strahltriebwerk, **Strahlantrieb**, **Düsenantrieb**, **Rückstoßantrieb**, ein → Flugtriebwerk für große Fluggeschwindigkeiten (über 800 km/h). Zu den S.en zählen → Luftstrahltriebwerke und Raketen-triebwerke (→ Rakete). Die Wirkung des S.s kann man als Reaktion eines ausfließenden Strahles auf das Gefäß, aus dem der Strahl ausfließt oder durch das er fließt, auffassen. Sie läßt sich mit Hilfe des Impulssatzes quantitativ bestimmen. Danach sind in einem geschlossenen System die durch Impulsänderungen verursachten Kräfte mit den außen auf dieses System wirkenden Kräften im Gleichgewicht (→ Rückstoß). Betrachtet man einen stationären reibungslosen Strömungsvorgang durch einen von der Kontrollfläche umgebenen Raum, in dem sich z. B. eine Strahltriebwerk befindet und der in der auf der Abb. angezeigten Richtung durchströmt



wird, so kann man für die von links nach rechts wirkenden Kräfte bei A–A schreiben: $(\dot{m}_0 + \dot{m}_L) \cdot v + F_0 p_H$, wobei $\dot{m}_0 + \dot{m}_L$ die durch die Fläche F_0 in der Zeiteinheit mit der Fluggeschwindigkeit v strömende Luftmasse ist, \dot{m}_L die in der Zeiteinheit durch das Triebwerk strömende Luftmasse und p_H der Umgebungsdruck. Für die von rechts nach links gerichteten Kräfte bei B–B gilt dagegen $(\dot{m}_L + \dot{m}_B) w_s + \dot{m}_0 v + F_s p_s + (F_0 - F_s) p_H$, wenn außerdem sind: \dot{m}_B der absolute Betrag des auf die Zeiteinheit bezogenen Verbrauchs des Triebwerkes an Brennstoffmasse, w_s die Geschwindigkeit, mit der das Gas aus dem Triebwerk strömt, und p_s der Druck im Austrittsquerschnitt F_s der Schubdüse. Werden die Kräfte bei B–B zu den Kräften bei A–A vektoriell addiert, so bildet die von rechts nach links gerichtete resultierende den Schub S des Triebwerkes. Er stellt diejenige Kraft dar, die die Strömung auf den Triebwerkskörper ausübt. Daher folgt für den Schub einer Strahltriebwerk im Flügel: $S = (\dot{m}_L + \dot{m}_B) w_s - \dot{m}_L v + F_s \cdot (p_s - p_H)$. Beim Standbetrieb ($v = 0$) ist $S = (\dot{m}_L + \dot{m}_B) w_s + F_s (p_s - p_H)$. Die erste Formel gilt auch zur Bestimmung des Schubes eines Staustrahlrohres (→ Luftstrahltriebwerk). Beide Formeln sind mit $\dot{m}_L = 0$ für Raketen-triebwerke mit molekularen Treibstoffen zu verwenden.

Lit. Inosemzew: Wärmekraftmaschinen, Bd 3 (dtsch Berlin 1963); Theorie der Flugzeugtriebwerke, Bd 2 (dtsch Berlin 1962).

Strahltriebwerk, ein → Luftstrahltriebwerk.

Strahlung, 1) Physik: die räumliche Ausbreitung von Energie in Form von Wellen oder von Teilchen. Danach unterscheidet man a) **Wellenstrahlung**, d.h. die Ausbreitung von Schallwellen (akustische S.) und elektromagnetischen Wellen (z. B. Mikrowellen, Lichtwellen, Röntgen-

strahlung, Gammastrahlung), und b) **Korpuskularstrahlung** (Teilchen-, Partikelstrahlung), d.h. die Aussendung und geradlinige Fortbewegung kleinster Masseteilchen, z. B. Elektronen (als Elektronenstrahlung, z. B. Katoden- und Betastrahlung), Alphateilchen (als Alphastrahlung), Ionen (z. B. als Kanalstrahlung) u. a. Die Unterscheidung zwischen Korpuskular- und Wellenstrahlung ist praktischer Natur, → Dualismus von Welle und Korpuskel. — Unter **ionisierender S.** versteht man eine S. beliebiger Herkunft und physikalischer Natur, die imstande ist, beim Durchgang durch Materie deren Atome oder Moleküle zu ionisieren (energiereiche elektromagnetische Wellenstrahlung oder Korpuskularstrahlung). Die Art der zugrunde liegenden Wechselwirkungsprozesse hängt von der Energie und der Art der auftretenden S. ab.

Durchdringungsvermögen von Wellen- und Korpuskularstrahlung an Aluminiumschichten

Strahlungsart	Dicke der durchstrahlten Aluminiumschicht in cm	
Wellenstrahlung	Röntgenstrahlung	1
	Gammastrahlung	50
	kosmische Ultrastrahlung	500
Korpuskularstrahlung	Betastrahlung	0,5
	Alphastrahlung	0,05

Die Stärke einer S. wird entweder durch die **Strahlungsintensität**, d. i. die je Sekunde durch 1 cm² beiseitkrechten Strahlungsauffall hindurchtretende Energie, oder durch die **Strahlungsdichte**, d. i. die in 1 cm³ des Strahlungsfeldes enthaltene Energie, bestimmt; bei Korpuskularstrahlung gibt man auch die Teilchenenergie und die Teilchenzahl je Sekunde und cm² senkrecht getroffener Fläche oder (bei geladenen Teilchen) auch die elektrische Stromstärke an.

2) Meteorologie: die Wärmeeinstrahlung auf die Erde (Insolation, Sonnenstrahlung) durch die Sonne und die Wärmestrahlung von der Erde in den Weltraum. Die **Sonnenstrahlung** ist die Energiequelle für die Witterungsvorgänge auf der Erde. Sie verliert auf dem Wege durch die Atmosphäre mehr als die Hälfte des an der oberen Grenze der Atmosphäre einfallenden Energiebetrages (→ Solarkonstante). Ein vorwiegend kurzwelliger Teil dringt ungehindert bis zur Erdoberfläche durch. Ein weiterer Teil wird von dem in der Luft vorhandenen Kohlendioxid, Ozon und Wasserstoff absorbiert (Absorptionsbanden im Sonnenspektrum). Der übrige Teil, besonders der kurzwelligeren S., wird beim Durchgang durch die Atmosphäre an den Luftmolekülen, an Staubteilchen und Wassertröpfchen diffus zerstreut oder absorbiert (→ Trübung), wodurch der Himmel farbig (blau, in der Dämmerung rötlich u. a.) erscheint. Am Erdboden wird die kurzwellige S. in langwellige Wärmestrahlung umgesetzt. Der Erdboden entsendet daher nur langwellige S., die aber z. T. im unteren Bereich der Atmosphäre vom Kohlendioxid und Wasserdampf absorbiert und der Erde als **atmosphärische Gegenstrahlung** zurückgegeben wird. Die durch **Ausstrahlung** in wolkenlosen Nächten an Ort und Stelle erzeugte Temperaturniedrigung heißt **Strahlungskälte**. Wird der Gefrierpunkt unterschritten, so spricht man von **Strahlungsfrost**. Die Sonnenstrahlung mißt man mit Pyrheliometer, Solarimeter oder Aktinometer (Pyranometer).

Strahlungscharakteristik, **Strahlungsdiagramm**, **Richtdiagramm**, die räumliche Darstellung der Feldverteilung eines Strahlers (Sendeanenne, Schallquelle) in Abhängigkeit von Azimut- und Elevationswinkel. Die S. beschreibt außerdem die Abhängigkeit aus einem ebe-

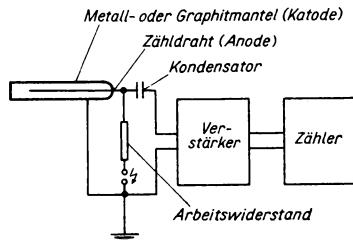
nen Strahlungsfeld entnommenen Energie bzw. einer daraus abgeleiteten Größe von der Orientierung des Empfängers (Empfangsantenne, Schallempfänger) im Raum. In vereinfachter Darstellung bildet die S. nur zwei senkrecht aufeinanderstehende Schnitte (Horizontal- und Vertikaldiagramm) durch die räumliche S. Bei gleichmäßiger Strahlung in alle Richtungen ist die S. eine Kugel, bei einem Richtstrahler eine Keule in der betreffenden Richtung.

Strahlungsdämpfung, die Abnahme der Amplitude der von einem elektrischen Dipol (Antenne) oder von einem Atom oder Molekül ausgesandten elektromagnetischen Wellenstrahlung. Die S. ist bedingt durch die Energieabgabe des strahlenden Systems; dieses führt bei einmaliger Energiezufuhr gedämpfte Schwingungen aus. Die Energieabgabe einer Antenne wird durch den Strahlungswiderstand beschrieben. Zur Aufrechterhaltung einer dauernden Ausstrahlung muß der Antenne durch einen Hochfrequenzgenerator fortwährend neue Energie zugeführt werden.

Durch die S. eines von einem atomaren System ausgesandten Wellenzuges (Lichtquants) kommt eine Verbreiterung der entsprechenden Spektrallinie zustande, die quantenmechanisch berechnet werden kann.

Strahlungsdetektoren, physikalische Geräte zur Erfassung (elementarer oder atomarer) ionisierender Teilchen, wie Elektronen, Protonen, Alpha-, Beta- und Gammateilchen, schwerer Atome, Photonen, Neutronen und Mesonen. Das Meßprinzip der S. beruht auf Elementarprozessen, bei denen die nachzuweisenden Teilchen ihre Energie ganz oder teilweise an ein geeignetes Medium, z. B. eine Gasmischung, abgeben und somit anregend oder ionisierend wirken. Die demzufolge entstehenden Lichtquanten, angeregten oder ionisierten Atome und freien Elektronen werden unter Ausnutzung verschiedener physikalischer Effekte z. B. zum Ausgangspunkt elektrischer Stromimpulse, die in nachgeschalteten elektronischen Geräten in einer für die Messung geeigneten Weise verarbeitet (z. B. verstärkt und gezählt) werden. Zu den S. gehören der → Szintillationszähler, der → Halbleiterdetektor, der → Kristallzähler, der → Tscherenkow-Zähler, die Gasentladungsdetektoren und — für spezielle Aufgaben in der Kernphysik — die → Nebelkammer und die → Kernplatten.

Gasentladungsdetektoren bestehen meist aus einem elektrisch leitenden äußeren Zylinder und einem axial aufgespannten Draht. Zwischen beide wird eine Gleichspannung gelegt (Anode am Draht). Als Hauptbestandteil der Gasfüllung dient bei der überwiegenden Zahl der Typen ein



Schema eines Gasentladungsdetektors

Edelgas. Die Wirkungsweise der Gasentladungsdetektoren beruht darauf, daß die nachzuweisenden Teilchen ihre Energie ganz oder teilweise an das Füllgas abgeben und es dabei anregen und ionisieren. Die bei der Ionisation gebildeten Ionen und freien Elektronen werden in dem angelegten elektrischen Feld getrennt; entsprechend ihrer Ladung bewegen sich die positiven Ionen zum negativ geladenen äußeren Zylinder, die Elektro-

nen zum positiv geladenen Draht. Nach der angelegten Spannung unterscheidet man verschiedene Typen der Gasentladungsdetektoren, und zwar die → Ionisationskammer (einschließlich der → Borkammer), das → Proportionalzählrohr und das → Geiger-Müller-Zählrohr. Zur Gruppe der Gasentladungsdetektoren ist — trotz der Unterschiede im äußeren Aufbau — auch der → Funkenzähler zu rechnen.

Strahlungsdiagramm, → Strahlungscharakteristik.

Strahlungsdosis, Dosis, zuweilen auch als **Energiedosis** oder **absorbierte Dosis** bezeichnet, ein Maß für die in einem bestrahlten Medium durch Absorption von ionisierender Strahlung in diesem Medium oder seiner Nachbarschaft hervorgerufene Wirkung. Eine solche Wirkung besteht physikalisch in einer Erwärmung und/oder einer Veränderung der inneren Energie. Chemisch kann eine geänderte innere Energie eine veränderte Stoffzusammensetzung bedeuten, die ihrerseits zu biologischen Konsequenzen führt, falls das bestrahlte Medium einem lebenden Organismus angehört. Die Bestimmung der S. ist Aufgabe der → Dosimetrie. Die Einheiten der S. sind → Rad und → Rep.

Beim Umgang mit Quellen ionisierender Strahlung sind für den Menschen höchstzulässige Strahlungsdosen gesetzlich festgelegt (→ Toleranzdosis).

Strahlungsdruck, Lichtdruck, der Druck, den das Licht beim Auftreffen auf eine Fläche in Strahlungsrichtung ausübt. Der S. kann als Impulsänderung der auftreffenden Lichtquanten gedeutet werden. Bei einer vollkommen spiegelnden Fläche ist der S. genau doppelt so groß wie bei einer schwarzen, d. h. völlig absorbierenden Fläche. Er wird mit drehbar aufgehängten, leichten Körpern nachgewiesen. Der Druck des Sonnenlichtes auf eine absorbierende Fläche beträgt etwa $0,5 \text{ mp m}^{-2}$.

Strahlungsgesetze, Gesetze über die Beziehung zwischen der Temperatur eines strahlenden Körpers und der von ihm ausgesandten Strahlungsleistung. Von besonderer Bedeutung sind die S. des → schwarzen Körpers, weil dessen Strahlung bei gegebener Wellenlänge nur von seiner Temperatur und nicht von Materialeigenschaften abhängt. Strahlung, die allein durch die Temperatur des Strahlers bedingt ist, nennt man **Wärmestrahlung** oder **Temperaturstrahlung**, im Gegensatz zur Lumineszenz. Für alle Temperaturstrahler im Strahlungsgleichgewicht gilt das **Kirchhoffsche Gesetz**, das besagt, daß das Verhältnis der Emission zur Absorption der Temperaturstrahlung eine für alle Körper gleiche Funktion der Wellenlänge und der absoluten Temperatur ist, unabhängig von Materialeigenschaften. Da ein schwarzer Körper das Absorptionsvermögen 1 besitzt, ist bei gegebener Wellenlänge und Temperatur das Verhältnis der Emission zur Absorption eines beliebigen Temperaturstrahlers gleich der Emission des schwarzen Körpers. Weiterhin gilt für den schwarzen Körper das **Stefan-Boltzmannsche-Gesetz**: Die gesamte Strahlungsleistung S ist der 4. Potenz der absoluten Temperatur T proportional, mit der Konstanten $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ grad}^{-4}$: $S = \sigma T^4$. Für beliebige Temperaturstrahler gilt ein ähnliches Gesetz mit anderer Potenz seiner Temperatur; die Potenz ist für jeden Körper charakteristisch. W. Wien fand eine Beziehung zwischen dem Spektralbereich, bei dem der schwarze Körper die maximale Strahlungsleistung abstrahlt, und der absoluten Temperatur: Das Produkt aus der Wellenlänge λ_{max} der maximalen Strahlungsleistung und der Temperatur T ist eine Konstante: $\lambda_{\text{max}} \cdot T = K$. Das Maximum der Strahlung verschiebt sich also bei steigender Temperatur nach den kürzeren Wellenlängen; das

Gesetz wird daher **Wiensches Verschiebungsgesetz** genannt. Mit Hilfe dieses Gesetzes läßt sich aus der Beobachtung des Strahlungsmaximums die Temperatur des Strahlers bestimmen, z. B. bei Sternen.

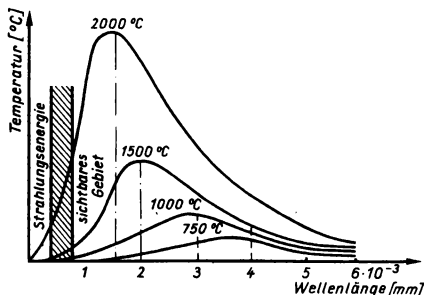
Die Verteilung der gesamten Strahlungsenergie eines schwarzen Körpers auf die einzelnen Wellenlängen oder Schwingungszahlen und die Abhängigkeit von seiner Temperatur konnte durch das Stefan-Boltzmannsche Gesetz nicht erfaßt werden, sondern wurde erst durch Einführung der Planckschen Energiequantelung (\rightarrow Quantentheorie) gegeben.

M. Planck (1858—1947) entwickelte auf Grund der Annahme, daß Strahlungsenergie ϵ jeder Frequenz f nur in ganzzahligen Vielfachen des Planckschen Wirkungsquantums h emittiert oder absorbiert werden kann ($\epsilon = hf$), seine Strahlungsgleichung (**Plancksches Strahlungsgesetz**):

$$K_f df = \frac{2 hf^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{hf/kT} - 1}; \text{ dabei stellt } K_f df$$

die Energie dar, die in der Zeiteinheit von der Flächeneinheit in einem Kegel (Hohlraumstrahler) vom Öffnungswinkel 1 im Frequenzbereich zwischen f und df ausgestrahlt wird. K_f nennt man spektrale Strahlungsdichte, c ist die Lichtgeschwindigkeit und k die Boltzmannsche Konstante. Schon vorher bekannte Näherungsformeln des Planckschen Gesetzes sind das **Rayleigh-Jeanssche Strahlungsgesetz**, das für große Wellenlängen und hohe Temperaturen, und das **Wiensche Strahlungsgesetz**, das für kleine Wellenlängen und tiefe Temperaturen gilt. Sie sind Spezialfälle des Planckschen Strahlungsgesetzes.

In der Abbildung sind die dem Planckschen Strahlungsgesetz entsprechenden Kurven für vier verschiedene Temperaturen wiedergegeben. Da in diesem Diagramm die Strahlungsenergie (genauer: Energiedichte) in Abhängigkeit der Wellenlänge bei konstanter Temperatur dargestellt ist, heißen diese Kurven auch **Isothermen** der schwarzen Strahlung, häufig kurz Energieverteilungskurve genannt. Sie zeigen ein Maximum, das sich, entsprechend dem Wienschen Verschiebungsgesetz, mit steigender Temperatur nach der Seite der kurzen Wellenlängen verschiebt. Nur ein kleiner Teil der Energie der ausgesandten Strahlung liegt im sichtbaren Gebiet, das schraffiert gezeichnet ist. Nur diese ist für Beleuchtungszwecke verwendbar; daraus folgt der überaus schlechte Nutzeffekt, d. h. die schlechte Energieausnutzung in den bisherigen Lampen. Jedoch wächst mit steigender Temperatur der Anteil an sichtbarer Strahlung. Hierauf beruht der Vorteil der Metallfadenglühlampen, die auf sehr viel höhere Temperatur gebracht werden können, gegenüber den früher üblichen Kohlenfadenglühlampen.



Plancksches Strahlungsgesetz

Die S. bilden die Grundlage für die Temperaturmessungen in den \rightarrow Pyrometern.

Strahlungsgleichgewicht, das Gleichgewicht, in dem sich mehrere Körper befinden, wenn zwischen ihnen ein Energieaustausch nur durch gegenseitige Strahlung möglich ist und sie dabei die gleiche, konstante Temperatur angenommen haben. Dann ist für jeden Körper die von ihm abgestrahlte Energie gleich der aufgenommenen.

Strahlungsgürtel der Erde, Van-Allen-Gürtel, zwei nach ihrem Entdecker benannte, die Erde gürtelförmig umschließende Zonen, in denen die Teilchendichte der kosmischen Strahlung besonders hoch ist. Die Teilchen der kosmischen Strahlung werden vom Magnetfeld der Erde eingefangen und in den S.n gespeichert. Die Bewegung der geladenen Teilchen führt zu elektrischen Strömen, die unter der Bezeichnung **Ringstrom** als Ursache der erdmagnetischen Störungen nach großen Sonnenausbrüchen bekannt sind. Die Höhe der S. über der Erdoberfläche schwankt; sie beträgt etwa 1000 bis 6000 bzw. 15000 bis 25000 km, eventuell existieren noch weitere Dichtemaxima, also weitere S. In Richtung der magnetischen Achse der Erde ist die Teilchendichte der kosmischen Strahlung gering. Die S. wurden 1958 mit Hilfe künstlicher Erdsatelliten entdeckt.

Strahlungsheizung, jede Heizung, die ihre Wärme hauptsächlich durch Strahlung abgibt. Bei der **Infrarotstrahlungsheizung** geht die Wärmestrahlung von Hell- oder Dunkelstrahlern aus (\rightarrow Infrarot). Hellstrahler haben Oberflächentemperaturen bis zu 2000 °C und bestehen meist aus blanken Widerstandsdrähten. Dunkelstrahler haben Temperaturen bis zu 700 °C und bestehen aus Widerstandsdrähten, die in Keramik eingeschmolzen sind. Andere S.en verwenden poröse Keramikplatten, die von Brenngas durchströmt werden, das an der Oberfläche der Platten verbrennt. **Flächenstrahlungsheizungen**, meist mit Warmwasser als Heizmedium, weisen sehr geringe Oberflächentemperaturen auf (≤ 40 °C, z. B. für Deckenheizung, Fußbodenheizung; \rightarrow Heizung).

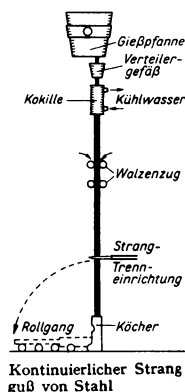
Besonders im Industriebau (bei Raumhöhen von mindestens 5 m) werden in jüngster Zeit häufig für die S. Strahlplatten aus Stahlblech mit aufgeschweißten Stahlrohren für Heißwasser bis zu 150 °C als Heizmedium verwendet.

S.en haben den Vorteil, daß sie die Wärme fast nur in der Strahlungsrichtung abgeben. Außerdem kommt die Strahlungswärme erst beim Auftreffen auf feste Körper zur Wirkung, da Luft weitgehend diatherm (strahlungsdurchlässig) ist. Deshalb verwendet man die Infrarotstrahlungsheizung hauptsächlich zur Beheizung im Freien, z. B. bei Bauarbeiten, beim Sport, zur Beheizung von verkehrsreichen Gehsteigen in Großstädten und von hohen, offenen Hallen.

Lit. Borchert u. Jubitz: Infrarottechnik (3. Aufl. Berlin 1958); Kollmar u. Liese: Die S. (5. Aufl. München 1962); \rightarrow Heizung.

Strahlungswiderstand, das Verhältnis von Spannung zu Strom im Spannungsminimum einer linearen Antenne. Aus S. und Höchstwert des Antennenstromes kann die von der Antenne abgestrahlte Leistung berechnet werden. Bei einem Halbwellendipol ist der S. gleich dem Eingangswiderstand.

Strangguß, ein Verfahren zum \rightarrow Gießen von Metallen (Halbzeugen). Der S. ist eine Vorstufe zum kontinuierlichen Gießen, er liefert gegossene Metallstränge, deren Länge ein Mehrfaches der Kokilllänge beträgt. Die flüssige Schmelze wird aus der Gießpfanne oder direkt aus dem Schmelzofen in eine gekühlte \rightarrow Kokille (Kristallisor) gegossen. Infolge der Kühlung erstarrt die Schmelze am Boden und an den Wänden und kann daher als Strang abgezogen werden. Das völlige Erstarren des Stranges erfolgt unterhalb der Kokille, er kann durch eine zusätzliche Kühleinrichtung, z. B. Wasserbrausen (Sekundär-



kühlung), beschleunigt werden. Beim Abziehen wird der Strang in Teile einstellbarer Länge mit autogenen Schneidbrennern zerschnitten oder auch in ganzer Länge der Weiterverarbeitung zugeführt.

Stranggußanlagen (Tafel 27) werden ein- oder mehrsträngig ausgeführt. In der Nichteisenmetallindustrie werden verschiedene Stranggußsysteme angewendet, in der Stahlindustrie ist fast ausschließlich das Vertikalsystem verbreitet. Die Vorteile des Verfahrens liegen in der Verminderung der Gieß- und Walzverluste, wodurch das Ausbringen (Verhältnis Einsatzmasse : Erzeugungsmasse) um etwa 8 bis 15 % steigt und bei geeigneter Wahl der Strangquerschnitte die Vorwalzarbeit verringert wird.

Strangpressen, ein Warmumformverfahren zur Herstellung von vollen und hohlen Metallsträngen (Leicht-, Bunt- und Sintermetalle, Stahl), Plasträngen u. a. mit den verschiedenartigsten, über die Länge gleichbleibenden Querschnittsformen. Ausgangsform bei Metallen ist meist ein zylindrischer Gußblock oder Walzstababschnitt, der aus dem Aufnehmer einer meist liegenden hydraulischen Strangpresse durch eine Matrizenöffnung, die dem Werkstückquerschnitt entspricht, mit Hilfe eines Stempels verdrängt wird. Beim S. von → Rohren wird ein gelochter Block eingesetzt oder ein voller Block im Aufnehmer von einem Lochstempel gelocht, der anschließend in die Matrizenöffnung eintaucht und mit der Matrizenkontur den zur Verdrängung erforderlichen Rohrquerschnitt bildet.

Plaste werden kontinuierlich auf → Schneckenpressen (Thermoplaste und Elaste), seltener auf Kolbenstrangpressen (Duroplaste) verarbeitet.

Durch S. werden auch Ziegel und Teigwaren hergestellt, ferner wendet man es zur Kabelummantelung an. In der Porzellanherstellung werden Vakuumstrangpressen verwendet.

Strangziehen, ein Umformverfahren zur Herstellung von Draht, Rohren und Profilstangen aus gewalzten Voll- und Hohlsträngen. Diese werden auf Strangziehmaschinen mit Hilfe von kettenbetriebenen, auf Führungsbahnen geführten Ziehsehlitten durch eine ortsfeste Ziehmatrize (Düsenform) gezogen. Das S. erfolgt fast immer durch Kaltumformen. Fertigungsziel ist ein maßgenaues, oberflächenglatte und dünnwandiges Halbzeug.

Lit. Dörfling: Die Profilzieherei (2. Aufl. Leipzig 1954); Geleji: Formgebung im bildsamen Zustand der Metalle (Berlin 1961).

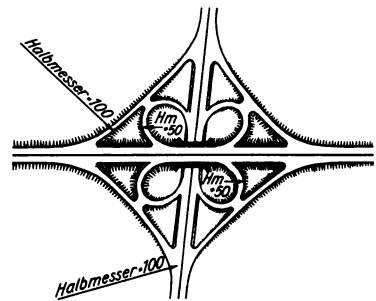
Straß, → Edelstein.

Straße (Tafel 42), ein planmäßig angelegter und befestigter Verkehrsweg, der insbesondere dem Verkehr von Fahrzeugen dient.

1) Einteilung. S.n werden eingeteilt in Staatsstraßen, Bezirksstraßen, Kreisstraßen und kommunale S.n. **Staatsstraßen** sind Autobahnen und Fernverkehrsstraßen. Autobahnen dienen ausschließlich dem Kraftverkehr, Fernverkehrsstraßen dienen vorwiegend dem überbezirklichen Fernverkehr sowie als Zubringerstraßen zur Autobahn. **Bezirksstraßen** sind Landstraßen I. und II. Ordnung. Landstraßen I. Ordnung dienen überwiegend dem Werks- und Berufsverkehr innerhalb der Bezirke sowie als Zubringer für Staatsstraßen. Landstraßen II. Ordnung sind

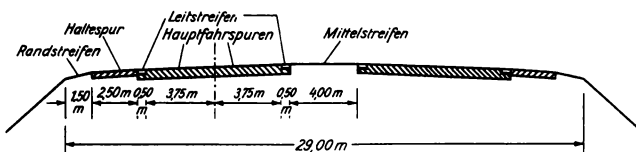
S.n mit nur örtlicher Bedeutung; sie dienen als Zubringerstraßen für Fernverkehrsstraßen und Landstraßen I. Ordnung. **Kreisstraßen** sind Ortsverbindungsstraßen und -wege und haben eine nur auf den Kreis beschränkte Verkehrsbedeutung. Sie verbinden zwei oder mehr Orte miteinander und beginnen und enden an der Grenze der Ortslage (keine eigene Ortsdurchfahrt). **Kommunale S.n** sind öffentliche S.n, die weder Staats-, Bezirks- noch Kreisstraßen sind. Man unterscheidet Stadt- und Gemeindestraßen, -wege und -plätze. Stadtstraßen (kommunale S.n in Gebieten mit vorwiegend städtischer Bebauung und städtischem Charakter) werden unterteilt in Hauptverkehrs-, Verkehrs-, Sammel-, Geschäfts- und Anliegerstraßen. Hauptverkehrs- und Verkehrsstraßen bilden das Gerüst des städtischen Straßennetzes.

II) Abmessungen und Gestaltung der S.n. Die Trasse moderner S.n besteht aus Geraden, Klothoiden und Kreisbögen, die nach fahrdynamischen, wirtschaftlichen und ästhetischen Gesichtspunkten aneinandergereiht werden. Die Grenzwerte der Radien der Längsneigungen, der Querneigungen usw. sind abhängig von der der Projektierung zugrunde gelegten Geschwindigkeit. **Autobahnen** bestehen aus zwei getrennten Fahrbahnen für den Richtungsverkehr. Sie haben in der Regel zweispurige Fahrbahnen von 7,50 m Breite, an die sich bei modernen Ausführungen Leitstreifen von 0,50 m Breite sowie eine Haltespur von 2,50 m und ein Randstreifen von 1,50 m Breite anschließen (Abb.). Zwischen den Fahrbahnen liegt ein 4 m breiter Mittelstreifen. Bei starken Steigungen wird anstelle der Haltespur eine Kriechspur von 3,00 m Breite mit 0,50 m breitem Leitstreifen für LKW ausgebildet. Abzweigungen, Anschlüsse und Kreuzungen mit anderen Autobahnen oder mit Landstraßen werden zur Gewährleistung einer hohen Verkehrssicherheit und Durchlaßfähigkeit so angelegt, daß das Kreuzen der Verkehrsströme stets niveaufrei (nicht in derselben Ebene) erfolgt, z. B. Kleeblattform (Abb.), Verteilerkreis bzw. zweiseitiger Anschluß, Trompetenform. Zur Ausrüstung der Autobahnen gehören: Fernsprecheinrichtungen für Notruf zur nächsten Autobahnmeisterei, Rastplätze, Raststätten (mit gastronomischen Einrichtungen und Tankstellen).



Autobahnkreuzung (Kleeblattform)

Die Breite der **Fernverkehrs-, Land- und Kreisstraßen** wird festgelegt in Abhängigkeit von der Verkehrsbelegung (Zahl der Fahrzeuge, die einen Querschnitt in der Zeiteinheit passieren) und von der Entwurfsgeschwindigkeit. Bei Neubau und Rekonstruktion sieht man meist Fahrbahnen mit zwei Fahrspuren von je 2,75 bis 3,75 m, zwei Leitstreifen von je 0,25 bis 0,75 m und zwei Bandstreifen (früher Bankett genannt) von je 1,50 m Breite vor. Bei starker Verkehrsbelegung baut man vierspurige Fahrbahnen; dreispurige werden aus Verkehrssicherheits-



Regelquerschnitt einer modernen Autobahn

gründen abgelehnt. Enge und umständliche Ortsdurchfahrten von Fernverkehrsstraßen werden nach Möglichkeit durch Ortsumgehungen ersetzt.

Die Breite der **Stadtstraßen** richtet sich hauptsächlich nach ihrer Bedeutung und ihrer Verkehrsbelegung. Maßgebend für die Leistungsfähigkeit eines Stadtstraßennetzes ist die Durchlaßfähigkeit der einzelnen Straßenabschnitte und vor allem der Knoten. Eine klare Trennung der Verkehrsarten ist besonders in Großstädten wichtig und dient der Erhöhung der Durchlaßfähigkeit und Verkehrssicherheit. Zur Entlastung zu stark belegter Straßennetze werden in Großstädten **Stadtautobahnen** oft in einer zweiten Ebene (**Hochstraßen** oder **Tiefstraßen**) mit großen Knotenpunktabständen angelegt. Für die Gestaltung der Zu- und Abfahrten an den niveaufreien Knoten ist viel Platz erforderlich, der oft nur durch Gebäudeabbrüche gewonnen werden kann.

In dem Bereich der Stadtstraße sind häufig die unterirdischen **Versorgungsleitungen** verlegt (Abb.). Im allgemeinen liegen unter der Fahrbahn die Leitungen der Entwässerung, unter der Gehbahn die Leitungen für Gas und elektrischen Strom, die Wasserzuleitungen mit den Hydranten (besonders für Feuerlöschzwecke) und die Kabel der Post. Bei Straßenneubauten besteht die Tendenz, mehrere Leitungen in begehbaren Sammelkanälen außerhalb des Straßen- und Fahrbahnbereiches zusammenzufassen, um bei Reparaturen nicht die Fahrbahnbefestigung aufbrechen zu müssen.

Schnellstraßen sind in erster Linie für den überörtlichen und städtischen Durchgangsverkehr bestimmt; sie sollen möglichst wenig Zufahrten haben und möglichst anbaufrei sein. Schnellstraßen werden als solche gekennzeichnet, auf ihnen ist eine höhere Geschwindigkeit zugelassen (lt. StVO vom 30. Januar 1964 60 km/h, auf übrigen Stadtstraßen 50 km/h).

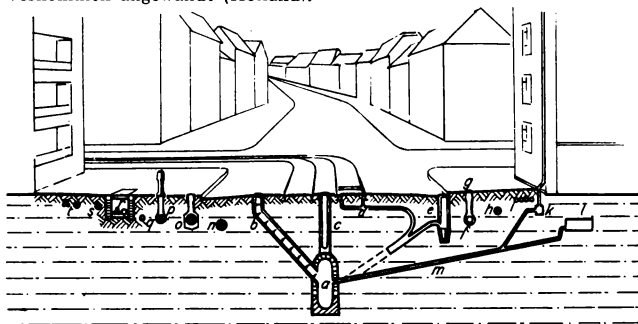
Die ständige Zunahme der Verkehrsbelegung und der Verkehrsbelastung (Summe der Massen [t] der Fahrzeuge, die einen Straßenquerschnitt in einer Zeiteinheit passieren) verlangt größere Straßenbreiten und stärkere Befestigungsschichten. Außerdem sind zur Erhöhung der Verkehrssicherheit im Rahmen der Rekonstruktion des Straßennetzes häufig größere Krümmungsradien im Grund- und Aufriß und der Fahr Geschwindigkeit entsprechende Fahrbahnüberhöhungen in den Krümmungen anzuwenden. Für Fahrräder sollen möglichst von der übrigen Fahrbahn getrennte Richtungsbahnen (Spurbreite 0,75 m, Sicherheitsstreifen zwischen Radbahn und Fahrbahn 0,50 m) angelegt werden. Unter Brücken muß die lichte Höhe über Fahrbahnen mindestens 4,50 m und über Geh- und Radbahnen mindestens 2,50 m betragen.

III) **Straßenbau** (Tafel 42). Die S. besteht (von oben nach unten gesehen) aus den Konstruktionschichten Befestigung, Gründung und Untergrund (natürlich gelagerter Boden).

1) Die **Befestigung** (Abb.) setzt sich zusammen aus Deckschicht sowie oberer und unterer Tragschicht. Die in die Deckschicht eingeleiteten statischen und dynamischen Verkehrslasten werden durch die Tragschicht und die Gründung auf eine breitere Fläche verteilt und auf den Untergrund übertragen.

a) Die **Deckschicht** ist dem Verschleiß durch den Verkehr direkt unterworfen. Man unterscheidet Pflasterdecken, Zementbetondecken und bituminöse Deckschichten. Für **Pflasterdecken** verwendete Pflastersteine werden hauptsächlich aus Granit hergestellt. Basaltpflaster darf nicht mehr verwendet werden, da es unter Verkehr gefährlich glatt wird. Schlackensteinpflaster wird im allgemeinen aus Mansfelder Schachtöfen-

schlacke hergestellt (Kupferschlackensteine); es ist sehr hart und besitzt durch bei der Herstellung eingestreuten Splitt eine raue Oberfläche. Kleinpflaster hat Kantenlängen von 10 cm mit je nach Sorte (1 bis 3) unterschiedlichen Toleranzen. Es wird in einem Sandbett versetzt, abgerammt (verschiedentlich maschinell) und eingeschlammmt. Die Dicke des Sandbettes soll danach 3 bis 4 cm betragen. Meist wird diagonal gepflastert, bei Steigungsstrecken in Bogenform; Fugenverguß mit Zementmörtel oder bituminöser Vergußmasse ist möglich. Großpflaster wird in drei Sorten geliefert, Länge 18 bis 26 cm, Breite 18 bis 10 cm, Höhe 18 cm mit unterschiedlichen Toleranzen. Die Verlegung erfolgt in Reihen senkrecht zur Straßenachse, selten diagonal, in einer nach dem Abrammen 6 bis 7 cm dicken Sandschicht. Schlackensteinpflaster ist sehr maßhaltig (häufigste Abmessung 16 cm breit und lang, 14 cm hoch) und wird hauptsächlich für die Herstellung von Schnittgerinne und zum Auspflastern von Straßenbahngleiszone verwendet. Klinkerpflaster wird in Ländern ohne geeignete Natursteinvorkommen angewandt (Holland).



Stadtstraße im Querschnitt. a Abwasserkanal, b Schnee-Einwurfschacht, c Entlüftungsschacht, d Schienenentwässerung, e Sinkkasten mit Schlammeimer, f Wasserleitung, g Unterflurhydrant, h Gasleitung, i Fernsprech- und Starkstromkabel, k Regenwasserfang, l Einstiegschacht der Hausentwässerung, m Ableitungsrohr der Hausentwässerung, n Hochdruckgasleitung, o Hauptleitung der Wasserversorgung mit Absperrschieber, p Überflurhydrant, q Wasserleitung, r Kabelschacht für Fernsprecher und Rohrpost, s Gasleitung, t Fernsprech- und Starkstromkabel

Zementbetondecken werden in Dicken von 14 bis 24 cm maschinell hergestellt. Die Herstellung des Betons (Güte B 300 bis B 450) erfolgt auf einem zentralen Mischplatz, der zur Einhaltung kurzer Transportentfernungen nahe der Baustelle eingerichtet wird. Der Frischbeton wird durch Transportfahrzeuge (LKW-Kipper) vom Mischplatz zur Einbaustelle gebracht und dort mittels Betonverteilern und Betonstraßenfertigern eingebaut. Der Betonverteiler mit einer Arbeitsbreite von 3 bis 4 m oder 6 bis 7,5 m, als Kübelverteiler (2 oder 3 m³ Kübelinhalt) oder als Wendeschaukelverteiler ausgebildet, läuft auf Schienen und bringt den Frischbeton in der vorher eingestellten Stärke auf das vorbereitete, mit Ölpapier abgedeckte Planum ein. Der Betonstraßenfertiger (Arbeitsbreite wie beim Betonverteiler), der ebenfalls auf Schienen läuft, stellt in einem Arbeitsgang die Decke her. Mit einer Palettenwalze wird die Höhe des unverdichteten eingebrachten Frischbetons genau abgeglichen, mit einer Vibrationsbohle verdichtet und mit einer Abziehbohle der Deckenschluß hergestellt. Zur Aufnahme der Längenänderungen infolge Schwindens, Verkehrsbelastung und Temperaturänderungen dienen Quertugen, bei Fahrbahnbreiten über 4 m zusätzlich Längsfugen. Quertugen werden als Raum- und Scheinfugen ausgebildet, wobei zwischen zwei Raumfugen mehrere Scheinfugen liegen. Sie werden verdübelt, um Stufenbildungen auszuschließen. Längsfugen sind überwiegend als Scheinfugen ausgeführt.

Der obere Fugenspalt wird durch Fugenschneider (Karborundscheiben) oder mit Fugenrüttlern in den frischen Beton eingerüttelt und vor Verkehrsübergabe mittels Fugenvergußgeräten mit bituminöser Vergußmasse gefüllt. Zum Schutz des Zementbodens gegen vorzeitiges Austrocknen wird ein Schutzfilm aufgespritzt. Zementbetondecken werden auch verschiedentlich in Spannbetonbauweise (\rightarrow Spannbeton) hergestellt; Vorteile sind die geringere Dicke und der Wegfall der Fugen über größere Längen, Nachteile sind die kompliziertere Herstellung und der hohe Stahlverbrauch.

Die *bituminösen Deckschichten* werden in Verschleißschicht und Binderschicht unterteilt. Sie bestehen aus Gestein verschiedener Fraktionen und \rightarrow bituminösen Bindemitteln. Zu den bituminösen *Verschleißschichten* gehören Gußasphalt, Sandasphalt, Bitumenbeton und Mischsplitt. *Gußasphalt* besteht aus Splitt, Sand, Füller und Straßenbaubitumen. Das Volumen des zugesetzten Bitumens ist größer als das Hohlraumvolumen des Gesteinsgemisches, dadurch ist das heiße Material gieß- und streichfähig. Die Aufbereitung des Gußasphaltes erfolgt in fahrbaren Kochern mit Rührwerk, mit denen er gleichzeitig zur Baustelle gebracht wird, oder in großen stationären Anlagen (Transport ebenfalls mit fahrbaren Kochern). Die Masse wird mit Holzspachteln oder mit Verteilergeräten ausgebreitet und geglättet. Eine Verdichtung erfolgt nicht, Fugen sind normalerweise nicht erforderlich. Die Verlegung erfolgt meist auf Zementbeton in zwei Schichten (Gesamtdicke 4 bis 5 cm). Gußasphalt wird für schweren und sehr schweren Verkehr auf Stadt-, aber auch schon auf Landstraßen und Autobahnen verwendet. Vorteile sind die niedrigen Unterhaltungskosten und die geringe Abnutzung. Aufbruchmaterial kann wieder verwendet werden.

Sandasphalt besteht aus einem hohlraumarmen Gemisch von Sand, Füller und Straßenbaubitumen. Nach dem maschinell durchgeführten Einbau wird der Belag durch Walzen fast hohlraumfrei verdichtet. Die Schichtdicke beträgt 2 bis 3 cm, das Längsfälle der S. darf nicht größer als 3 % sein.

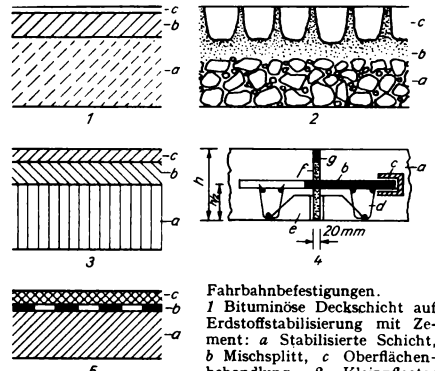
Bitumenbeton ist ebenfalls hohlraumarm. Er besteht aus einem Gemisch von Splitt, Natur- oder Brechsand, Füller und Straßenbaubitumen. Das Mineralgemisch wird aus abgestuften Körnungen zusammengesetzt, um eine möglichst dichte Lagerung und damit eine große Stabilität zu erreichen. Je nach Zusammensetzung der Mineralstoffe unterscheidet man splittarmen und splittreichen Bitumenfeinbeton sowie Bitumengrob- und Bitumenbeton. Der Einbau erfolgt mittels Straßenfertignern (s. u.) in einer Schichtdicke von 3 bis 4 cm.

Zwischen den hohlraumarmen Verschleißschichten und der Tragschicht wird meist eine *Binderschicht* verlegt. Diese braucht nicht hohlraumarm zusammengesetzt zu sein. Die Binderschicht bildet den Übergang von der hochwertigen verhältnismäßig starren Verschleißschicht zu der weniger hochwertigen Tragschicht.

Mischsplittbelag ist eine hohlraumreiche Deckschicht aus mit bituminösem Bindemittel umhülltem Splitt, eventuell Sand und gegebenenfalls Füller. Je nach dem verwendeten Bindemittel kann das Material heiß, warm oder kalt maschinell eingebaut und verdichtet werden. Die Schließung der Hohlräume an der Oberfläche erfolgt durch Aufbringung einer Oberflächenbehandlung oder einer bituminösen Schlämme (s. u.). Mischsplittbelag wird für leichten bis mittleren Verkehr verwendet. Der Einbau erfolgt auf Zementstabilisierung, Streumakadam, bituminösen Tragschichten, auf alten bituminösen Decken und auf schlecht fahrbarem altem Pflaster als

Teppichbelag. In der Perspektive soll Mischsplitt auf Straßen mit mittlerer und schwerer Verkehrsbelegung durch hohlraumarme Deckschichten ersetzt werden.

Die Herstellung von Sandasphalt, Bitumenbeton und Mischsplitt erfolgt in Mischanlagen, die aus verschiedenen, meist transportablen Aggregaten bestehen. Das heiße Mischgut wird mit LKW-Hinterkippern zu einem *Schwarzdeckenfertiger* gebracht und in dessen Aufnahme- und Gießeinrichtung gekippt. Der Schwarzdeckenfertiger hat eine Arbeitsbreite bis 3,75 m und verteilt das Mischgut mittels Schnecken in der eingestellten Dicke gleichmäßig. Durch eine beheizte Vibrationsbohle verdichtet er das ausgebreitete Mischgut vor. Die Endverdichtung erfolgt im heißen Zustand mittels Walzen.



Fahrbahnbefestigungen.
1 Bituminöse Deckschicht auf Erdstoffstabilisierung mit Zement: a Stabilisierte Schicht, b Mischsplitt, c Oberflächenbehandlung. 2 Kleinpflaster auf Rüttelschotter: a Rüttelschotter, b Pflastersand, c Kleinpflaster. 3 Bituminöse Befestigung: a Bitumenkies, b Mischsplitt (als Binderschicht), c Bitumenfeinbeton. 4 Zementbetonbefestigung mit Raumfuge: a Zementbeton, b Stahldübel, in einer Platte durch Bitumenanstrich und Dübelhülse c beweglich, d Stützkörbe für den Dübel, e Stützblech für die kompressible Fugeneinlage f, g bituminöse Fugenvergußmasse. 5 Gußasphalt auf Zementbeton: a Zementbeton, b Ölpapier, c Gußasphalt

Die Oberflächenbehandlung schützt die Straßenbefestigung vor den Einwirkungen des Wassers und des Verkehrs; sie wird vor allem auf Mischsplittbelägen und auf Makadam-Tragschichten angewendet, auch zur Aufrauung glatter Verschleißschichten. Die Oberfläche wird mit Motorkehrmaschinen gründlich gereinigt, mittels Rampenspritzgeräten mit bituminösem Bindemittel angespritzt, mit Splitt abgedeckt und gewalzt. Das Aufbringen des Splittes erfolgt von LKW-Hinterkippern über Splittverteiler.

Bituminöse Schlämme wird aus Wasser, Bitumen, Sand und Füller in einem Mischer hergestellt und mit einfachen Geräten auf der Straßenoberfläche verteilt. Nach Erhärten wirkt sie als Porenschluß bei hohlraumreichen Belägen bzw. aufrauend bei glatten Straßendecken. Zur besseren Leitung des Verkehrs, vor allem in Städten, können die Verschleißschichten der Fahrbahnen eingefärbt werden.

b) *Tragschichten*. Bei der *Packlage* werden die einzelnen pyramidenförmigen Steine (etwa 20 cm hoch) in einer Schicht manuell gesetzt und die Hohlräume mit Splitt und Schotter verfüllt. Die so entstandene Schicht wird abgewalzt. Die Packlage wird aus technischen und technologischen Gründen (niedrige Tragfähigkeit, großer manueller Arbeitsaufwand bei der Herstellung) kaum noch eingebaut. *Rüttelschotter* besteht aus einem Schottergerüst, in dessen Hohlräume feineres Material (Sand, Splitt) mit Rüttelwalzen oder -platten eingerüttelt wird. Es wird Schotter der Körnung 35,5/80 oder 35,5/56 verwendet, der mit einem Schotterverteiler in gleichmäßiger

Dicke eingebracht wird. In den letzten Jahren hat *Bitumenkies* eine große Bedeutung erlangt. Er besteht aus natürlich vorkommendem Kies-sand (evtl. Zugabe von gebrochenem Gestein), der in Schwarzdeckenmischanlagen mit Straßenbaubitumen und Füller (Gesteinsmehl der Korngröße unter 0,09 mm) heiß gemischt wird. Transport, Einbau und Verdichtung erfolgen in heißem Zustand. *Tränkmakadam* ist eine mit Splitt verfüllte Schotterschicht, die durch Tränken mit bituminösem Bindemittel sowie durch Aufbringen und Einwalzen von Splitt verfestigt wird. *Streumakadam* ist eine Schotterschicht, die mit Bindemittel abgespritzt wird und in deren Hohlräume man aufgestreuten bituminierten Splitt einwalzt. *Zementbeton-Tragschichten* werden aus Beton der Güte B 120 oder B 200 in Dicken von 18 bis 25 cm hergestellt. Der Querrugabstand bei B 120 (nur Raumfugen) beträgt 30 bis 50 m, bei B 200 dagegen 50 m (Raumfugen) und 6 m (Scheinfugen). Zur Vermeidung von Rissen in der aufzubringenden bituminösen Deckschicht über den Fugen wird die Haftung zwischen dieser und dem Beton im Bereich der Fugen durch einen 1 m breiten Kalkanstrich oder eine Folie verhindert.

2) Die *Gründung* besteht aus Unterbettungsschicht und Dammschüttung. Das Gründungsplanum ist wie alle Schichten ordnungsgemäß zu verdichten und durch Längs- und Quergefälle in offene Gräben oder Längsdrägen zu entwässern. Bei frostveränderlicher Gründung wird eine Frostschutzschicht aus kapillarbrechendem Kies-sand als untere Tragschicht eingebracht. Der unmittelbar unter der Befestigung liegende Boden wird maschinell verdichtet, um ausreichende Tragfähigkeit und weitgehende Setzungsfreiheit der S. zu erzielen. Dabei ist es oft erforderlich, eine → Erdstoffstabilisierung auszuführen.

IV) *Straßenunterhaltung und Straßenwinterdienst*. Durch die Straßenunterhaltung soll ständig eine hohe Betriebssicherheit der S.n gewährleistet werden. Es werden unter anderem Oberflächenbehandlungen, Ausbesserungsarbeiten an der Fahrbahnbefestigung sowie an den Nebenanlagen (Entwässerungseinrichtungen, Randstreifen, Verkehrszeichen, Markierungen) ausgeführt. Im Rahmen des Straßenwinterdienstes sollen die Verkehrssicherheit durch die Beseitigung von Schnee mittels Schneepflügen und Schneefräsen sowie die Beseitigung der Glätte durch Streuen abstumpfender Mittel (Kiessand, Splitt) und in zunehmendem Maße durch Aufsprühen von Salzlösungen (Magnesiumchloridlösung) weitestgehend gewährleistet werden.

Lit. Kastl: Der Straßenbau, 2 Tle (Leipzig, TI 1 1957, TI 2 1960); Lehrbriefe Straßenbau (TU Dresden, III. Aufl. 1964 bis 1966); Ingenieur Taschenb. Bauwesen, Bd III Boden – Wasser – Verkehr (Leipzig 1965); Kastl: Fachkunde für Straßenbau, 2 Tle (Leipzig 1960/63).

Straßenbahn, eine Schienenbahn für den Stadt- und Vorortverkehr mit Gleisführung im Straßenraum. Wegen der zunehmenden Behinderung durch den Kraftverkehr erfolgt in breiten Straßen eine Führung auf besonderem Bahnkörper zwischen den Richtungsfahrbahnen oder in Seitenlage, außerhalb des Straßenraumes auf eigenem Bahnkörper, völlig kreuzungsfrei durch unterirdische Führung (→ U-Straßenbahn), vereinzelt auch in Hochlage (→ Zweite Ebene). S.n unterliegen der Straßenverkehrsordnung, sie dürfen die zulässigen Geschwindigkeiten daher nicht überschreiten. Kurze Bremswege sind einzuhalten. S.n verkehren als Einzeltriebwagen oder als Straßenbahnzug mit einem oder zwei Beiwagen. Die Zugbildung aus mehreren Einzeltriebwagen erfordert Zugsteuerung (→ Mehrfachtraktion) und wurde bisher nur vereinzelt angewendet. Das Streben nach großräumigen Fahrzeugen mit vielen angetriebenen Achsen für schnelles Anfahren führte zur Entwicklung

von Gelenkwagen mit vier bis zu zwölf Achsen und zentraler Speisung aller Motoren.

S.n werden ausschließlich elektrisch betrieben. Die Spannung beträgt in der Regel 600 V Gleichspannung, der Antrieb erfolgt durch Gleichstrom-Reihenschlußmotoren, die Energiezuführung durch Oberleitung (→ Fahrleitung). Die Energierückleitung erfolgt über die Fahrschienen. Der im Erdreich vagabundierende Gleichstrom führt zu großen Korrosionsschäden an Rohrleitungen und Kabeln und bedingt daher besondere Maßnahmen, z. B. kurze Unterwerksabstände. Das möglichst ruckfreie Anfahren erfordert einen feinstufigen Anstieg der Motorspannung mittels stufenweise abschaltbarer Anfahrwiderstände (im Winter für die Wagenheizung verwendet) und Serien-Parallel-Schaltung der Fahrmotoren, in höheren Geschwindigkeitsbereichen auch durch Feldschwächung.

Die *Steuerung* erfolgt bei älteren Triebwagen direkt durch kurbelbetätigte Schaltwalzen (Kontroller), die in den Fahrerständen aufgestellt sind, neuerdings durch mechanisch oder motorisch angetriebene Zentralfahrschalter, bei modernen Fahrzeugen vollautomatisch und fahrstromabhängig durch elektronische Steuerung. Zur Erzielung besonders hoher Anfahrbeschleunigungen (bis $1,35 \text{ m s}^{-2}$) verzichtet man bei der PCC-Steuerung auf die Serien-Parallel-Schaltung.

Die normale *Bremse* der Straßenbahnwagen erfolgt durch elektrisches Bremsen, wobei die Motoren als Generatoren geschaltet und über die als Bremswiderstände verwendeten Anfahrwiderstände kurzgeschlossen werden (Bremsverzögerung bis $1,8 \text{ m s}^{-2}$). Bei Gefahr werden zusätzliche Magnetschienenbremsen eingeschaltet (gesamte Bremsverzögerung bis zu 3 m s^{-2}). Als Feststellbremse dienen Hand- oder Federspeicherbremsen.

Fahrtrichtungswechsel und Motorgruppierung erfolgen über entsprechende Schaltwalzen oder Schütze.

Die Fahrmotoren sind bei starr im Fahrzeugrahmen gelagerten Treibachsen als → Tatzenlagermotoren ausgeführt. Bei Triebdrehgestellen verwendet man meist einen Längsmotor, der über Kegelradgetriebe beide Achsen antreibt (Einmotordrehgestell). Räder und Achsen sind gummigefedert. Der Wagenkasten wird zur Erzielung eines niedrigen Energieverbrauches in (Stahl-) Leichtbauweise unter Verwendung von Leichtmetallen und Platten ausgeführt. Die Türen werden bei Neubaufahrzeugen grundsätzlich vom Fahrer bedient, der Türantrieb erfolgt elektromotorisch, seltener mittels Druckluft. Wendeschleifen an den Streckenendpunkten ermöglichen den Einsatz von Einrichtungsfahrzeugen, die nur auf einer Seite mit Türen ausgerüstet sind und nur einen Fahrerstand besitzen.

Die Spurweiten in den einzelnen Städten sind sehr unterschiedlich (z. B. Erfurt 1000 mm; Berlin 1435 mm, Normalspur; Dresden 1460 mm). Die Wagenbreite beträgt bei einem Gleisabstand von 2500 mm meist 2200 mm, die Einführung 2600 mm breiter Wagen und eines Gleisabstandes von 3000 mm wird angestrebt, ist aber mit hohen Kosten verbunden.

Straßenbaumaschinen (Tafel 42), Baumaschinen, die vorwiegend im Straßenbau eingesetzt werden (→ Straße). Zu ihnen gehören 1) **Erdbaumaschinen**: Bagger, Lademaschinen, Erdtransportmaschinen (gleislos, Bandtransport oder schienengebundener Transport); 2) **Verdichtungsmaschinen**: Walzen, Verdichtungsbohlen und -platten, Bodenschwingverdichter; 3) **Maschinen zur Schwarzdeckenherstellung**: Mischsplittaufbereitungsanlagen, Schotter- und Splittverteiler, Teerkocher und -spritzanlagen, Schwarzdeckenfertiger; 4) **Maschinen zur Betondeckenher-**

stellung: Betonverteiler, Betonstraßenfertiger, Fugenschneider, Fugenrüttler; 5) **Maschinen zur Erdstoffstabilisierung**; 6) **Maschinen zur Straßenunterhaltung:** Reinigungs-, Ausbesserungs-, Bankettsäuberungs-, Farbspritzmaschinen u. a. Lit. Anochin: S. (Berlin 1952).

Straßenbeleuchtung, Beleuchtungsanlagen, die zum größten Teil auf elektrischen, seltener auf Gasbetrieb eingestellt sind. Die Bedienung der elektrischen S. erfolgt zentral und automatisch durch → Dämmerungsschalter. Als Lichtquellen verwendet man Glühlampen, vereinzelt auch Jodlampen, Leuchtstoff-, Edelgas- und Metall-dampflampen, besonders Quecksilberhochdrucklampen mit Leuchtstoff. Konstruktiv neue Wege geht man in der Leuchtenherstellung, um optimale Verhältnisse hinsichtlich Gleichmäßigkeit und Blendungsfreiheit der S. zu erzielen. Gasstraßenbeleuchtungsanlagen werden zentral und automatisch durch Auslösen einer Gasdruckwelle bedient, die auf die an den Gasstraßenleuchten angebrachten Fernzündeeinrichtungen wirkt. Ausführende Richtlinien für eine zweckentsprechende S. sind in TGL 0-5044 (Straßenbeleuchtung) zusammengestellt.

Straßenfertiger, eine Straßenbaumaschine, → Straße, Abschn. III, 1a.

Straßenfunk, → beweglicher Landfunk.

Straßenhobel, Erdhobel, Grader, eine Erdbau-maschine zum Lösen, Schieben und Wiedereinbauen von Erdreich und Schotter, ein Flachbagger. S. sind wie die Planiermaschinen mit einem Räumschar (Räumschild) ausgerüstet, das sich jedoch zwischen den Achsen in einem beweglichen, am Tragrahmen aufgehängten Drehkranz befindet. Das Räumschar kann in der Höhenlage verstellt, in der Schräglage zur Fahrtrichtung geändert und beiderseitig seitlich ausgeschoben und auf einer Seite bis 90° zur Herstellung oder zum Planieren von Böschungen hochgeschwenkt werden. Zusätzlich zum Hauptschar ist oft ein Frontschild angebracht. S. werden vorwiegend zum Herstellen des Feinplanums im Straßenbau eingesetzt, im Winter dienen sie häufig als Schneepflüge.

Straßenwalze, eine Baumaschine zum Verdichten und Glätten von Boden und Untergrund im Erd- und Straßenbau. S.n sind Anhängergeräte oder selbstfahrend mit Antrieb durch einen Dieselmotor (**Motorwalze**), früher meist durch eine Dampfmaschine (**Dampfwalze**). Selbstfahrende S.n werden meist als Dreirad- oder Zweiradstraßenwalzen gebaut. Die Walzen selbst können unterschiedlich ausgebildet sein. Allgemein ist zu unterscheiden zwischen **statischen Walzen**, d. s. Walzen ohne Vibrationsanwendung, und **Vibrationswalzen**, bei denen ein → Vibrator die Walzen in Schwingungen versetzt. Bei den Walzenkörpern unterscheidet man mehrere Arten. **Glattwalzen** bestehen aus gebogenem Stahlblech. Bei den **Gummiradwalzen** (statische Walzen) wird der Walzeffekt durch 4 bis 11 starke Gummiräder erreicht. Die sogenannten Schafffußwalzen sind mit zahlreichen starken Dornen besetzt, die 10 bis 15 cm tief in den Boden eindringen und besonders den Untergrund verdichten. Bei den seltener verwendeten **Gürtelradwalzen** wird der Walzeffekt durch Platten erreicht, die am Umfang der Walzenkörper angebracht sind. Die ebenfalls seltenen **Gitterradwalzen** bestehen aus einem weitmaschigen Drahtgeflecht, das den Boden vor allem im Untergrund durchwalken soll.

Stratamessung, → Bohrlochmessungen.

Stratigraphie, ein Teilgebiet der Geologie, das sich mit der historischen Entwicklung der Erdkruste, d. h. mit der Aufeinanderfolge der Schichten und ihrem Gesteins- und Fossilinhalt befaßt. Das von dem dänischen Arzt N. Steno 1669 aufgestellte **stratigraphische Grundgesetz** besagt,

daß bei ungestörter Lagerung die tieferliegenden Schichten stets älter sind als die höherliegenden. Die **Biostratigraphie**, begründet um 1800 von dem englischen Ingenieur W. Smith, legt bei der Einordnung einzelner Schichtfolgen deren Fossilinhalt zugrunde.

Stratocumulus, → Wolken.

Stratopause, → Atmosphäre.

Stratosphäre, der Bereich der → Atmosphäre zwischen der Troposphäre und der Mesosphäre in etwa 8 bis 55 km Höhe. Den oberen Abschluß der S. bildet die Stratopause, den unteren die Tropopause. Die Temperatur steigt in der S. nach einer gewissen Isothermie oberhalb der Tropopause von etwa -55 °C wieder an. Die S. wurde 1902 zum erstenmal festgestellt. Der Luftverkehr in der S. (Stratosphären- oder Höhenflug) bietet folgende Vorteile: größere Geschwindigkeit, da die Luft hier dünner ist; Freiheit von Nebel, Niederschlägen und Stürmen und dadurch leichtere Navigation (Sonne und Sterne stets sichtbar).

Stratus, → Wolken.

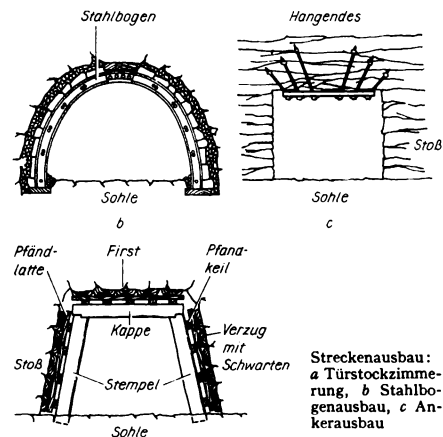
Streb, Abbauort im Steinkohlen- und Erzbergbau. Der S. stellt die Verbindung zwischen zwei meist in verschiedener Tiefe verlaufenden Abbaustrecken her. Die Verfahren des Abbaus in einem S. bezeichnet man als **Strebbau**.

Strebe, ein schrägliegendes Konstruktionsglied aus Holz, Stahl oder Stahlbeton, das mit anderen Bauteilen ein unverschiebliches Dreieck bildet, z. B. beim Pfettendach zwischen Binderbalken und Stuhlsäule. **Strebepfeiler, Strebewerk,** → Pfeiler.

Streckdrücken, → Drücken.

Strecke, 1) Mathematik: die Verbindungsgerade zweier Punkte (einschließlich der beiden Punkte); der von zwei Punkten begrenzte Teil einer Geraden. Die beiden Punkte bezeichnet man als Endpunkte der S. Unterschied: → Strahl.

2) Bergbau: ein sölhler oder annähernd sölhler Grubenbau von großer Längerstreckung bei verhältnismäßig geringem Querschnitt (Profil), der den Schacht mit der Lagerstätte oder einzelne Grubenräume innerhalb der Lagerstätte verbindet. Die S.n dienen als **Förderstrecken** der Förderung, als **Wetterstrecken** der Wetterführung, als **Fahrstrecken** dem Fahren, als **Sumpfstrecken** der Wasserführung. Sie können auch mehrere dieser Aufgaben zugleich erfüllen. Der Querschnitt der S. kann rechteckig, kreisförmig, bogenförmig oder trapezförmig sein. Das Auffahren der S.n geschieht meistens durch Bohr- und Sprengarbeit, oft auch mit Streckenvortriebsmaschinen. In Kohlen- und Erz-, seltener in Salzbergwerken werden die S.n ausgebaut. Die



Art des Ausbaus hängt von der Beschaffenheit des Gebirges und davon ab, wie lange die jeweilige S. offengehalten werden soll. Man unterscheidet 1) Holzausbau, besonders mit → Türstöcken, in schwimmendem Gebirge (Schwimmsand), ferner durch Getriebezimmerung mit dichtem Verzug; 2) gemischter Ausbau, meist aus Holzstempeln und Stahlkappen; 3) Ganzstahlausbau mit Profilstahl; 4) Anker Ausbau, bei dem das Hangende durch lange, in senkrechte oder schräge Bohrlöcher eingeführte Stahlbolzen mit Unterlegplatten gleichsam festgenagelt wird; 5) massiver Ausbau in Mauerung oder Beton, mit Stahlbeton oder Betonformsteinen. Die in gleicher Tiefe liegenden S.n bilden eine Sohle. Alle quer, d. h. senkrecht zum Streichen durch das Gebirge geführten S.n heißen *Querschläge*. Die Hauptverbindung des Schachtes mit der Lagerstätte in den einzelnen Sohlen bezeichnet man als Hauptquerschlag. Parallel zu ihm werden ebenfalls großräumige, mit dem Schacht nicht verbundene Abteilungsquerschläge angelegt, die den gleichzeitigen Abbau in mehreren Abbaufeldern ermöglichen. Ortsquerschläge verbinden z. B. einen Blindschacht mit einem Abbaufeld oder einzelne Flöze untereinander. Im Streichen der Lagerstätte verlaufende S.n heißen *Richtstrecken*, wenn sie im Nebengestein, und *Grundstrecken*, wenn sie im Lager selbst aufgeföhren sind. Sie verbinden jeweils den Hauptquerschlag und die Abteilungsquerschläge. Teilsohlenstrecken verlaufen in gleicher Richtung wie Richt- und Grundstrecken. *Flache* sind im Einfallen angelegte lange S.n, die mehrere Sohlen verbinden; verlaufen sie nur zwischen zwei Sohlen, so spricht man von *Brems- oder Haspelbergen*. Unmittelbar zu den Abbauen führende S.n nennt man *Abbaustrecken*.

3) Eisenbahnwesen: die Bahnanlagen außerhalb der Bahnhöfe (freie S.). Grenzen sind die Einfahrtsignale und, wo diese fehlen, die Einfahrweichen der Bahnhöfe. Über Streckenfernsteuerung und Streckenleuchtbild → Stellwerk.

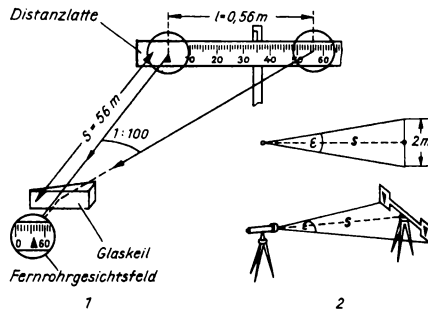
4) Spinnerei: eine Maschine mit mehreren Arbeitsstellen eines → Streckwerkes. Sie dient zum Vergleichmäßigen von Faserbändern durch Fachen (Dublieren), d. h. Vereinigen mehrerer Faserbänder zum Ausgleich von Ungleichmäßigkeiten, und durch Verziehen sowie zum Parallelisieren der Fasern im Band. Die Faserbänder werden der S. in Spinnkannen vorgelegt. Das Erzeugnis der S., das *Streckenband*, wird von einem Drehteller in die sich drehende Spinnkanne eingelegt. Fasermischungen können auf der S. durch Zusammenführen von Faserbändern aus unterschiedlichen Faserarten erzielt werden. In der Kämmerei und Kammgarnspinnerei werden Nadelwalzen- und Nadelstabstrecken verwendet.

Streckenmessung, im Unterschied zur → Entfernungsmessung in der Geodäsie die Messung der Entfernung zwischen zwei Punkten einer vorgegebenen Strecke, z. B. einer Polygonseite (→ Polygonierung), einer Dreiecksseite (→ Triangulation), einer → Basis, eines abzusteckenden Bauwerkes u. a. Dabei wird das Streckenende stets besonders markiert durch eine Maßmarke bei der direkten S., durch eine Distanzlatte bei der optischen S. und einen Reflektor bei der elektronischen S.

1) Bei der direkten S. oder *unmittelbaren S.*, dem ältesten und einfachsten Verfahren, wird eine Strecke durch Vergleich mit einem Maßstab bekannter Länge (Zollstock, Maßband, Maßlatte) durch einmaliges oder wiederholtes Anlegen bestimmt.

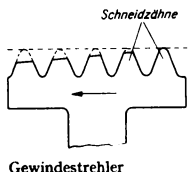
2) Die *optische S.* ist ein indirektes Streckenmeßverfahren, zu dem ein Vermessungsinstrument mit leistungsfähigem Fernrohr erforderlich ist. Im Prinzip wird die Länge einer Strecke stets aus einer verhältnismäßig kurzen Basis (→ Di-

stanzlatte) und dem kleinen „streckenmessenden Winkel“ abgeleitet, unter dem die Basis vom gegenüberliegenden Streckenende aus erscheint. Es gibt viele Verfahren der optischen S., die sich in zwei Gruppen einteilen lassen: a) Optische S. mit konstantem parallaktischem Winkel und veränderlicher Basis. Hierzu gehört z. B. die *Keildistanzmessung* (Abb. 1). Vor einen Teil des Objektivs eines Theodolitfernrohres wird ein streifenförmiger Glaskeil gebracht, der so beschaffen ist, daß er die vom angezielten Gegenstand her ins Fernrohr eintretenden Lichtstrahlen im Verhältnis 1:100 horizontal ablenkt. Die nicht vom Keil verdeckten Teile des Objektivs lassen die Strahlen unabgelenkt in das Fernrohr gelangen. Es entstehen so zwei Strahlengänge. Betrachtet man durch das Fernrohr eine horizontal aufgestellte Distanzlatte, so sieht man zwei sich überdeckende Bilder der Latte, die von zwei um den Lattenabschnitt l voneinander entfernten Stellen der Latte herrühren. Dieser Lattenabschnitt l ist gleich einem Hundertstel der Streckenlänge s . Durch besondere optische Einrichtungen im Fernrohr oder durch eine entsprechende Bemalung der Distanzlatte wird das Doppelbild übersichtlich, so daß eine genaue Entfernungsablesung an der Latte möglich wird. Die Reichweite des Verfahrens beträgt 150 m, die Meßgenauigkeit 1 bis 3 cm. b) Optische S. mit veränderlichem, streckenmessendem Winkel und konstanter Basis. Hierzu gehört z. B. die *S. mit Theodolit und Basislatte* (Abb. 2). Im Anfangspunkt der zu messenden Strecke wird ein Theodolit aufgestellt, im Endpunkt eine genau 2 m lange Basislatte. Mißt man den streckenmessenden Winkel ϵ zwischen den durch besondere Zielmarken gekennzeichneten Lattenenden, so kann die Entfernung s leicht nach der Formel $s = \cot \epsilon/2$ berechnet werden. Um die für praktische Aufgaben erforderliche Meßgenauigkeit von 2 bis 3 cm auf 100 bis 150 m zu erreichen, muß der Winkel ϵ auf mindestens 1'' genau gemessen werden. Die Reichweite in der dargestellten Anordnung beträgt 150 m.



Optische Streckenmessung: 1 Keildistanzmessung, 2 Streckenmessung mit Theodolit und Basislatte (Ansicht und Grundriß)

3) **Elektronische S.** a) Höchste Streckenmeßgenauigkeiten werden mit Lichtentfernungsmessern (*elektrooptische S.*) erhalten. Die ersten Typen, als *Geodimeter* bezeichnet, wurden kurz nach dem II. Weltkrieg in Schweden entwickelt. Die Lichtentfernungsmesser senden am Streckenanfang mittels einer starken Lichtquelle polarisiertes amplitudenmoduliertes Licht aus. Ein Spiegel am Streckenende reflektiert die Wellen zum Anfangspunkt zurück. Die Strecke ist nun gleich einer Anzahl voller Wellenlängen, die durch Wiederholung der Messung mit veränderter Frequenz ermittelt wird, und einem Restbetrag, der als Phasenunterschied gemessen wird. Eine Variante dieses Verfahrens besteht darin, daß man die Frequenz so ändert, daß immer ein gan-

Streckenverband

zes Vielfaches der aufmodulierten Wellenlänge in der Strecke enthalten ist. Die Reichweite des Verfahrens beträgt nachts 40 km bei einer Genauigkeit von 5 cm, am Tage bei gleicher Genauigkeit etwa 8 km. b) Fast ebenso genaue Resultate liefern Funkentfernungsmesser (**Mikrowellenentfernungsmesser**). Die ersten derartigen Geräte, **Tellurometer** genannt, entstanden 1956. Das Meßprinzip ist fast das gleiche wie beim Lichtentfernungsmesser, nur werden hier Dezimeter- oder Zentimeterwellen frequenzmoduliert. Auf der Gegenstation am Streckenende werden die Wellen vor der Reflexion verstärkt. Die Reichweite beträgt bis 50 km bei einer Genauigkeit von 6 bis 10 cm. c) Die **Impulsverfahren** beruhen auf der Laufzeitmessung elektronischer Impulse. Diese Verfahren wurden zur Funknavigation für Land-, Luft- und Seefahrzeuge kurz vor und vor allem im II. Weltkrieg entwickelt und später auch zur Landesvermessung in Nordamerika und zur Entfernungsmessung Kanada-Grönland-Inland-Nordeuropa eingesetzt. Angewendet werden das Shoran-Verfahren, das Hiran-Verfahren und das Decca-Verfahren.

Lit. Deumlich u. Seyfert: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik (2. Aufl. Berlin 1964); v. Gruber: Optische S. und Polygonierung (2. Aufl. Berlin 1955); Kondraschkow: Elektrooptische Entfernungsmessung (dtsh Berlin 1961); → Geodäsie.

Streckenverband, → Mauerwerk.

Streckenvortriebsmaschine, im Bergbau eine meist mit Elektromotor angetriebene Maschine zum Auffahren von Strecken in weichem Gestein. Die im Salzbergbau verwendete S. läuft auf Rädern und hat eine rotierende, drei Messerarme tragende Kopscheibe oder einen rotierenden zweiarmligen Schneidflügel, womit in das Salz beim Vortrieb eine Strecke von rundem Querschnitt gefräst wird. Das losgefräste Salz wird über an der S. befestigte Förderbänder in Förderwagen gegeben. Die auf Gleisketten fahrende S. im Braunkohlentiefbau trägt am Kopf entweder (ähnlich wie die Schrämmaschine) eine umlaufende, seitlich schwenkbare Fräskette oder zwei senkrecht nebeneinander oder übereinander angeordnete Schrämschnecken. Die gelöste Kohle wird durch eine in der Mittellängsachse angebrachte, am Boden angreifende Stegkette abgefördert. Es lassen sich Strecken mit rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt auffahren.

Die **Rollobbohrmaschine**, eine Art S., erweitert ein in der Achse des vorgesehenen Rolllochs hergestelltes Vorbohrloch mit Hilfe eines rotierenden Bohrkopfes mit Schrämeißeln auf den vollen Durchmesser von etwa 1 m. Sie hängt dabei an einem Stahlseil und gräbt sich durch ihre Eigenmasse in das Gestein.

Streckgrenze, → Zugversuch.

Streckmetall, ein drahtnetzartiger Werkstoff mit rautenförmigen Maschen. Es wird aus 1,5 bis 2 mm dickem Stahl- oder Leichtmetallblech hergestellt, indem man dieses in Abständen einschneidet und dann streckt. S. dient zum Unterteilen von Räumen, als luftdurchlässige Absperrung von Öffnungen, als Putzträger sowie bei dünnen Betonbauteilen als Bewehrung, vor allem zur Verhinderung der Rissebildung.

Streckschmieden, → Freiformschmieden.

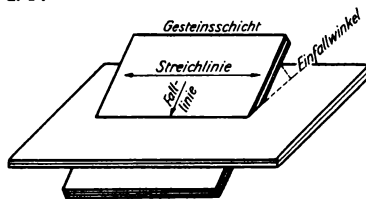
Streckwerk, eine Vorrichtung in Spinnereimaschinen zum Verfeinern von Faserbändern und Vorgarn (Abb. → Spinnerei). Das S. besteht meist aus drei, vier oder mehr nacheinander angeordneten Walzenpaaren, wobei die durch Eigenmasse, Federn oder hydraulisch belasteten Oberwalzen durch Reibung an der Berührungslinie (Klemmlinie) von den zwangsläufig angetriebenen Unterwalzen mitgenommen werden. Ein zwischen Ober- und Unterwalze hindurchlaufendes Faserband oder Vorgarn wird infolge unterschiedlicher

Geschwindigkeit der Walzenpaare verzogen (→ Verzug), d. h. verfeinert. Vierwalzen-Streckwerke, bei denen zwischen den beiden ersten Walzenpaaren ein geringer Vorverzug und zwischen dem dritten und vierten Walzenpaar der Hauptverzug stattfindet, werden als **Vierwalzen-Doppelverzugsstreckwerke** (**Zweizonenstreckwerke**) bezeichnet. S. e für Feinspinnmaschinen haben häufig als Führungsorgan für die Fasern im Hauptverzugsfeld ein oder zwei gegenüberliegende, mitlaufende endlose Lederriemen (**Zweiriemenstreckwerk**). Zur Führung langstapelliger Fasern (z. B. Wolle) im Streckfeld dienen rotierende Nadelwalzen (**Nadelwalzenstreckwerk**) oder ein oder zwei einander zugekehrte, bewegliche Nadelstabfelder (**Nadelstabstreckwerk**). In neuerer Zeit werden vielfach **Hochverzugsstreckwerke** verwendet, um durch hohe Verzüge die Anzahl der Arbeitsgänge in der Spinnerei zu verringern.

Streckziehen, svw. → Reckbiegen.

Strehler, ein mehrschneidiges Werkzeug zur Herstellung von → Gewinden. S. werden vor allem auf Revolverdrehmaschinen oder Drehautomaten verwendet. (Abb.)

Streichen und Fallen, die Lagerungsverhältnisse einer geologischen Fläche (Schicht-, Verwerfungs-, Kluftfläche). Unter Streichen versteht man die Richtung der Horizontalen auf einer geneigten Fläche. Das Streichen wird durch die Himmelsrichtungen angegeben. Unter Fallen oder Einfallen versteht man die Richtung und den Grad der stärksten Neigung der Schichtfläche gegen die Horizontale. Streichrichtung und Fallrichtung verlaufen stets senkrecht zueinander. Bei waagerechten Schichten ist der Fallwinkel = 0°, bei senkrechten = 90°. Die Streich- und Fallrichtung wird mit dem Geologenkompaß, der Fallwinkel mit dem Klimometer gemessen. Waagerechte Flächen haben kein S. u. F.



Streichgarn, ein gröberes, ungleichmäßiges Garn aus kurzfasriger Streichwolle und/oder Chemiefasern oder Reißwolle. Streichgarngewebe werden vielfach durch Walken und Rauhen ausgerüstet, sie dienen hauptsächlich für Oberbekleidung. Gegensatz: → Kammgarn.

Streichhölzer, svw. → Zündhölzer.

Streichlinien, → Strömungslehre.

Streifenbau, → Tagebau.

Streifenbauweise, eine Montagebauweise, bei der im Hochbau für Wohn- und Gesellschaftsbauten geschoßhohe (streifenartige), oberflächenfertige, z. T. komplettierte (eingebaute Fenster und Türen) Beton-Wandelemente der Laststufe 2 Mp (Megapond) verwendet werden. Die Wandelemente werden in liegenden Formen bei Komplettierung oder im Strangverfahren (Gleitfertiger) angefertigt. Vorteile gegenüber der Großblockbauweise sind: höherer Komplettierungsgrad, weniger Kranspiele bei der Montage, geringerer Fuganteil, kürzere Bauzeit.

Streifenschreiber, → Telegrafie.

Streptomycin, ein Antibiotikum von der Konstitution eines Oligosaccharids. Es wird aus dem Strahlenpilz *Streptomyces griseus* gewonnen und vor allem bei tuberkulösen Erkrankungen eingesetzt. Nachteilig sind unerwünschte Neben-

erscheinungen, z. B. Beeinträchtigungen des Gleichgewichts- und Gehörsinnes.

Stress, starker gerichteter Druck, der bei gebirgsbildenden Vorgängen auftritt und bei der Umwandlung (Metamorphose) der Gesteine mitwirkt.

Streulichtmessung, → Nephelometrie.

Streiquerschnitt, → Wirkungsquerschnitt.

Streuung, 1) Mathematik: ein Begriff der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Statistik, der neben dem Mittelwert zur Charakterisierung von Zufallsgrößen und deren Verteilung dient. Die S., auch Varianz genannt, ist definiert durch

die Formel $\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$. Der Wert σ

ist die **Standardabweichung** oder **mittlere quadratische Abweichung** aller Einzelwerte x_i vom Mittelwert \bar{x} . Sie ist definiert durch die Formel

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

in der n die Anzahl der Werte x_i bedeutet.

2) Optik: **Lichtstreuung**, die Ablenkung des Lichts – oder allgemein der Strahlung – von seiner ursprünglichen Richtung durch kleine Teilchen. Sind die Teilchen sehr klein gegen die Wellenlänge des Lichts, so gelten die Gesetze der Rayleigh-Streuung, nach der von Lord Rayleigh (1881) auf der Grundlage der → Maxwell'schen Theorie aufgestellten Theorie. Danach sind **Vorwärtsstreuung** (Streuanteil in Richtung des einfallenden Lichts) und **Rückwärtsstreuung** gleich groß, unpolarisiert und doppelt so groß wie die **Seitwärtsstreuung**, die unter 90° zur Richtung des einfallenden Lichts vollständig polarisiert ist. Die Rayleigh-Streuung ist umgekehrt proportional zur vierten Potenz der Wellenlänge λ des Lichts; das kurzwellige blaue Licht wird also sehr viel stärker gestreut als das langwellige rote Licht. Die Rayleigh-Streuung gilt vor allem auch für die Streuung des Sonnenlichts durch die Gasmoleküle der Atmosphäre und erklärt so die blaue Farbe des Himmelslichts, die gelbe bis rote Farbe der tief stehenden Sonne und die starke Polarisation des Himmelslichts senkrecht zur Richtung Sonne–Beobachter.

Für Teilchen von der Größenordnung der Wellenlänge des Lichts gelten die Gesetze der **Mie-Streuung**, die von Mie 1908 nach der Maxwell'schen Theorie für kugelförmige Teilchen vom Radius r abgeleitet wurden. Bei der Mie-Streuung ist die Vorwärtsstreuung stets viel größer als die Rückwärts- und Seitwärtsstreuung (**Mie-Effekt**). Die Streudiagramme und Polarisationsdiagramme (Abhängigkeit der Streuung bzw. Polarisation vom Streuwinkel) der Mie-Streuung hängen sehr vom **Streuparameter** $\alpha = 2\pi r/\lambda$ und vom Brechungsindex n der Teilchensubstanz ab und sind durch zahlreiche scharfe Maxima und Minima gekennzeichnet, die mit zunehmenden α -Werten immer ausgeprägter werden. Das räumliche Integral der Streudiagramme liefert den **Streuquerschnitt**, durch den die → Extinktion infolge Streuung beschrieben werden kann. Die Mie-Streuung ist für die Dunstoptik, also für Streuvorgänge am atmosphärischen Aerosol, von großer Bedeutung. Deshalb wurden umfangreiche Berechnungen von Streudiagrammen und Streuquerschnitten für verschiedene α -Werte und n -Werte in den letzten Jahren ausgeführt und tabelliert. Die Streuvorgänge in der Atmosphäre setzen sich aus der Rayleigh-Streuung und der Mie-Streuung zusammen, wobei für die letztere noch die gesetzmäßigen Größenverteilungen der Aerosolteilchen berücksichtigt werden müssen.

Für große Werte des Streuparameters α gehen die Gesetze der Mie-Streuung in die klassischen Gesetze der → Beugung über.

Lit. Foitzig u. Hinzpeter: Sonnenstrahlung und Lufttrübung (Leipzig 1958).

3) Atom- und Kernphysik: **Teilchenstreuung**, allgemein die Ablenkung eines Teilchens beim Durchgang durch Materieschichten. Diese streuenden Atome, Moleküle u. dgl. weisen dem einfallenden Teilchen gegenüber einen → Wirkungsquerschnitt auf. Durch die Untersuchung der S. von Elektronenstrahlung (durch Lenard) und Alphastrahlung (durch Rutherford) konnte der räumliche Bau der Atome aufgeklärt werden. Heute sind Streuversuche wichtig zur Erforschung der zwischen den Elementarteilchen wirkenden Kräfte. Durch die S. von Protonen und Neutronen gewinnt man z. B. Aufschlüsse über die Natur der Kernkräfte. Die theoretische Erklärung der S. ist schwierig und beruht auf den Gesetzen der Quantenmechanik.

Strich, 1) **artilleristischer S.**, Kurzsz., nicht gesetzliche Einheit des ebenen Winkels. 1 artilleristischer S. = $\frac{\pi}{3200}$ rad (Radiant) = 0,982

· 10⁻³ rad = (0,625 · 10⁻³)⁴ (Rechter).

2) **nautischer S.**, nicht gesetzliche Einheit des ebenen Winkels in der Seefahrt. 1 nautischer S.

= $\frac{\pi}{16}$ rad (Radiant) = 0,196 rad = 0,125⁴ (Rechter) = 11° 15'.

3) **Strichfarbe**, die Farbe des feinsten Pulvers eines Minerals, ein Merkmal zur Bestimmung des Minerals. Man erhält das Pulver durch Reiben des Minerals auf einer unglasierten Porzellanplatte (Strichtafel). Der S. weicht oft von der Mineralfarbe ab.

Strichätzung, eine durch Ätzen einer Zinkplatte hergestellte Druckplatte für den Buchdruck zur Wiedergabe von Darstellungen in reiner Schwarzweißmanier, also Striche und Punkte sowie glatte Flächen. Geeignete Vorlagen sind Strichzeichnungen, Kreide- und Kohlezeichnungen auf Kornpapier, Schabzeichnungen, Abdrücke von Gravuren, Schriftsätzen u. a. Die Vorlage wird photographisch auf die vorbereitete Platte übertragen und diese mit einem Ätzmittel (Säure) hochgeätzt, → Ätzen.

Strichmaß, svw. → Maßstab.

Strichplatte, eine Glasplatte mit Marken, Strichfiguren oder Teilungen, die bei optischen Instrumenten am Ort einer Zwischenbildebene, meist in der Feldblende des Okulars, angebracht und zusammen mit dem Objekt durch das Instrument betrachtet wird. Die Qualität des für S.n verwendeten Glasmaterials und der Oberflächen muß besondere Anforderungen erfüllen, da Unsauberkeiten im Bilde sichtbar sind.

Strickerei (Tafel 38), ein Zweig der Textiltechnik, umfaßt die Herstellung von Gestriicken durch maschenbildendes Verschlingen eines Fadens mittels Nadeln. In der **Strickmaschine** werden zur Maschenbildung **Zunggennadeln** nacheinander von einstellbaren Schössern (Kurvstücken) bewegt. Wie beim Handstricken wird aus einem Faden eine Schleife nach der anderen geformt und – im Unterschied zur Wirkerei – zur Maschenbildung durch die darunterliegende Schleife der vorhergehenden Reihe gezogen. Ein Unterschied zwischen Kuliergewirken und Gestriicken ist nicht feststellbar. Bei Flachstrickmaschinen befinden sich die Nadeln in zwei dachförmig gegenüberstehenden Nadelbetten, bei Rundstrickmaschinen zum Herstellen von schlauchförmigen Gestriicken im Nadelzylinder. Die Interlockmaschine, eine Art Rundstrickmaschine zum Stricken von Untertrikotagen mit gleichen Warensiten, besitzt eine Reihe Nadeln im Nadelzylinder, der eine zweite in der

dazu senkrecht angeordneten Rippscheibe gegenübersteht. Auf Strickmaschinen werden vor allem Pullover, Strickwesten, nahtlose Damenstrümpfe, Socken und Sportstrümpfe hergestellt.

Lit. Hähnel: Flachstrickerei (Leipzig 1959); Lipkow: Technologie der Wirk- und Strickwaren (Leipzig 1955); Schalow: Rundstrick-Strumpfmachine und ihre Bedienung (Leipzig 1956); Technologie Flach- und Rundstricker (Berlin 1957); Maschinenkunde. Rechts-Links-Kleinrundstrickmaschine (Leipzig 1963).

Striegel, → Egge.

Stroboskop, eine optische Vorrichtung. In seiner ursprünglichen Form besteht das S. aus einem sich um seine Achse drehenden Zylinder mit Schlitzfenstern in der Zylinderwand parallel zur Zylinderachse, mit der man Bilder mit der Darstellung verschiedener Bewegungsphasen eines Objektes (z. B. verschiedene hintereinander liegende Stadien eines Pferdespringens) beobachten kann. Bei Drehung des Zylinders werden in dieser Anordnung nacheinander in schneller Folge die einzelnen auf der inneren Zylinderwand befindlichen Bilder beobachtet und liefern die Wahrnehmung einer Bewegung (stroboskopischer Effekt).

In der praktischen Anwendung besteht das S. aus einer Scheibe mit Strichen, die radial auf zur Mitte der Scheibe konzentrisch verlaufenden Kreisringen angeordnet sind. Der Strichabstand auf den verschiedenen Kreisringen ist unterschiedlich. Mit Hilfe dieser stroboskopischen Scheibe lassen sich rasch ablaufende periodische Vorgänge beobachten und messen, indem diese Scheibe mit dem periodischen Vorgang in Verbindung gebracht und mit intermittierendem Licht bekannter Frequenz beleuchtet wird. Bei Übereinstimmung der Frequenz von Beleuchtung und Vorgang wird der Eindruck des Stillstandes der Scheibe erweckt. Bei Frequenzabweichung erscheint der Vorgang in langsamer, gelegentlich auch rückläufiger Bewegung der Scheibe (z. B. sich rückwärts drehende Räder im Film). Die verschiedenen Strichabstände auf den Kreisringen ermöglichen Beobachtungen unterschiedlicher Bewegungsfrequenzen.

Die Untersuchung mittels des S.s hat ein breites Anwendungsgebiet gefunden, z. B. zur Prüfung rotierender Maschinenteile, Untersuchung von Stimmbänderschwingungen usw.

Beim **Ultraschall-Stroboskop** (zur Messung von Lumineszenz- und Fluoreszenzerscheinungen sowie periodischen Vorgängen bei Gasentladungen) wird Licht beim Durchgang durch eine stehende Ultraschallwelle im Rhythmus der Schallfrequenz moduliert.

Strohpresse, eine Ernteverarbeitungsmaschine, die ausgedroschenes Stroh sowie Heu zur besseren Ausnutzung des Lager- und Transportraumes durch Pressen und Binden zu Ballen verdichtet. Bei der **Geradschubpresse** gleitet in einem horizontalen Preßkanal ein Preßkolben hin und her. Bei der **Schwingkolbenpresse** schwingt der Preßkolben um einen festen Punkt in einem bogenförmigen Kanal auf und ab. Es wird meist selbsttätig mit Bindegarn, seltener mit Draht gebunden. Nach den Abmessungen des Preßkanals unterscheidet man **Breitstrohpresse** (Glattstrohpresse), **Schmalstrohpresse** und **Ballenpresse** (Krummstrohpresse). Nach der Preßdichte unterscheidet man **Niederdruckpresse** (50 bis 100 kg m⁻²) und **Hochdruckpresse** (100 bis 180 kg m⁻²). Je nach dem Verwendungszweck gibt es **Anstellpresse** (z. B. hinter Dreschmaschinen), **Anbaupresse** (z. B. am Mäh-drescher) und → **Räum- und Sammelpresse**.

Der Antrieb erfolgt durch einen Elektromotor oder mittels Riemen von der Dreschmaschine.

Strom, 1) → elektrischer Strom. 2) → Fluß.

Stromabnehmer, bei elektrischen Triebfahrzeugen und Obussen eine Vorrichtung zur Energieentnahme aus der → Fahrleitung (Fahrdrabt

oder Stromschiene). Man unterscheidet Rollen-, Schleifenschuh-, Lyra-, Halbscheren und Scheren-S. Der S. wird pneumatisch oder durch Federkraft an den Fahrdrabt angepreßt. Scherenstromabnehmer sind zur Begrenzung des Fahrdrabtverschleißes mit einem Kohleschleifstück ausgerüstet, das durch die Zickzackführung des Fahrdrabtes gleichmäßig abgenutzt wird.

Strombahn, → Strömungslehre.

Stromdichte, 1) Elektrotechnik: Zeichen S , das Verhältnis des senkrecht durch eine Fläche A hindurchfließenden Stromes I zu dieser Fläche, $S = I/A$.

2) Strömungslehre: → Gasdynamik.

Stromfaden, → Strömungslehre.

Stromlinie, → Strömungslehre.

Stromlinienform, → Luftwiderstand.

Strommesser, **Amperemeter**, ein elektrisches Meßinstrument zur Messung des Stromes. Ein S. wird stets mit den Elementen in Reihe geschaltet, deren Strom man messen will (im Gegensatz zum → Spannungsmesser). Damit das Einfügen des S.s in die Schaltung den zu messenden Strom nicht verringert, muß sein innerer Widerstand sehr klein gegen den Gesamtwiderstand des Stromkreises sein. Der Meßbereich eines S.s kann durch Parallelschalten eines Widerstandes vergrößert werden, jedoch wird bei n-facher Erweiterung auch die n-fache Leistung für das Meßinstrument mit Parallelwiderstand benötigt. Bei Wechselstrom ist es möglich, mit Stromwandlern den Meßbereich zu vergrößern, ohne daß zusätzliche Leistungen benötigt werden. Die wichtigsten Meßgeräte sind → Drehpulinstrument, → Drehmagnetinstrument sowie Drehspulgalvanometer (→ Galvanometer) für Gleichstrommessungen und → Dreheiseninstrument, → Elektrodynamometer, Drehpulinstrument mit → Thermoumformer sowie → Hitzdrahtinstrument für Gleich- und Wechselstrommessungen. Nur für Wechselstrommessungen eignen sich → Gleichrichter-Meßinstrumente.

Strommessung, 1) die Bestimmung der Richtung und der Geschwindigkeit von → Meeresströmungen. Zur Messung dienen versenkbare, teilweise selbstregistrierende oder fernanzeigende **Strömungsmesser**. Zur Messung der Geschwindigkeit werden meist die Umdrehungen eines Propellers, Rotors o. ä. registriert, zur Richtungsbestimmung dient ein Kompaß. Auch Treibkörper werden für S. verwendet.

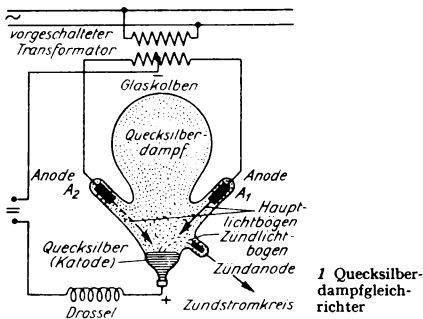
2) → Strommesser.

Stromregleröhre, ein → Stabilisator.

Stromrichter, elektrische Geräte zum Umformen elektrischer Energie von einer Stromart in eine andere ohne Verwendung einer mechanischen Zwischenenergie (im Gegensatz zu den → Umformern, die umlaufende Teile haben). S. bestehen im allgemeinen aus Stromrichtertransformator, der die Kopplung mit dem Wechselstromnetz herstellt, und Ventilgerät. Beide bilden schaltungstechnisch und funktionsmäßig eine Einheit. Man unterscheidet Gleichrichter, Wechselrichter und Umrichter.

1) **Gleichrichter** dienen zum Umformen von Wechselstrom in Gleichstrom. Der Wirkleistungs-transport findet vom Wechselstromnetz zum Gleichstromnetz statt. Als Ventilgerät werden Hochvakuumröhren, Gasentladungsröhren, Halbleiterventile, Elektrolyte und mechanische Ventile verwendet. a) **Hochvakuumröhren** (→ Elektronenröhre) werden wegen ihrer geringen Strombelastbarkeit nur in schwachstromtechnischen Schaltungen verwendet. b) → **Gasentladungsröhren** bestehen aus einem mit Edelgas oder Quecksilberdampf gefüllten Gefäß mit einer Katode und einer oder mehreren Anoden. Die Entladung erfolgt in Lichtbogenform zwischen heißer Katode und kalter Anode; sie setzt ein, wenn die Zündspannung (Spannung zwischen Anode und

Katode) erreicht ist und genügend Elektronen aus der Katode emittiert werden. Ein Gitter (Steuerelektrode) zwischen Anode und Katode ermöglicht eine Steuerung der Entladung. Negatives Gitterpotential gegenüber der Katode verhindert das Einsetzen des Lichtbogens. Nach erfolgter Zündung verliert das Gitter seine Steuerungswirkung. Das Ventil verlischt bei Stromnulldurchgang. Es gibt viele Arten von Gasentladungsröhren. Beim **Glühkatodengleichrichter** erfolgt die Elektronenemission aus einer direkt oder indirekt beheizten Katode. Er dient zur Gleichrichtung bei hohen Spannungen (bis maximal 10000 Volt). Ein mit Steuergitter versehenes Glühkatodenventil ist das → Thyatron. Beim **Quecksilberdampfgleichrichter** werden die Elektronen im Brennfleck des Lichtbogens auf dem Quecksilberbereich der Katode emittiert. Die Zündung erfolgt durch kurzes Eintauchen einer Hilfselektrode in den Quecksilberbereich oder durch einen Quecksilberstrahl, der gegen eine Hilfselektrode gespritzt wird. Der Lichtbogen, der dabei zwischen Hilfselektrode und Katode entsteht, springt auf die Anode über. Bauformen sind



Quecksilberdampfgleichrichter mit Glas- oder Stahlgefäß in ein- oder mehranodiger Ausführung, Excitron und Ignitron. Der **Hochdrucklichtbogen-Gleichrichter** wird wegen seines hohen Lichtbogen-Spannungsabfalls nur bei Hochspannung verwendet. Die Gleichrichtung erfolgt durch einen Lichtbogen, der in einer Druckkammer bei strömendem Gas periodisch zündet und verlöscht. Der **Glimmgleichrichter**, der nur für geringe Stromstärken geeignet ist, besteht aus zwei verschieden großen, in einem edelgasgefüllten Gefäß untergebrachten Elektroden. Ein nennenswerter Strom fließt nur, wenn die große Elektrode Katode ist, da sich nur an ihr der normale Katodenfall ausbilden kann. Wird dagegen die kleine Elektrode als Katode gewählt, so ist sie sofort ganz von der Glimmschicht bedeckt, womit der anomale Katodenfall eintritt. Die Entladung erlischt, da die Spannung nicht mehr ausreicht. c) Bei **Halbleitergleichrichtern** wird die Richtwirkung durch eine Sperrschicht im Halbleitermaterial hervorgerufen. Die Strombelastbarkeit ist begrenzt durch die Höhe der abführbaren Verlustwärme und die Temperaturbeständigkeit des Halbleitermaterials. **Selengleichrichter** werden wegen ihrer geringen Strombelastbarkeit und ihres relativ großen Volumens nur in kleinen Anlagen (z. B. Ladegeräten) sowie als Gleichrichter in der Hochspannungstechnik eingesetzt. **Kupfer(I)-oxid-Gleichrichter** verwendet man kaum noch. Selen- und Kupfer(I)-oxid-Gleichrichter werden mitunter auch als **Trochengeleichrichter** bezeichnet. Sehr leistungsstarke Halbleitergleichrichter sind die **Germanium-** und **Siliziumgleichrichter**. Der Halbleiterkristall befindet sich in einem fest verschlossenen Gehäuse. Ein Kühlkörper führt die entstehende Verlustwärme in die Umgebung ab. Die z. Z. erreichte höchste Strombelastbarkeit

eines Siliziumventils beträgt 500 A. **Thyristoren** sind steuerbare Siliziumventile. Es sind Vierschichtdioden, die zusätzlich mit einer Steuerelektrode versehen sind. Ein Steuerimpuls von geringer Leistung genügt, um einen Strom in Durchlaßrichtung fließen zu lassen. Der Thyristor sperrt erst wieder, wenn der Strom auf den geringen Haltestrom abgesunken ist. Vorteile der Halbleitergleichrichter sind lange Lebensdauer, Wartungsfreiheit, Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen. d) **Elektrolytische Gleichrichter** haben keine Bedeutung mehr. e) **Mechanische Gleichrichter** weisen mechanische Mittel zur Gleichrichtung auf (z. B. Schwingkontakte, rotierende Kontakte). f) Bei **Gleichrichterschaltungen** unterscheidet man Mittelpunktschaltungen, das sind Einweg- oder Doppelwegschaltungen, und Brückenschaltungen. Die Graetzschaltung ist eine oft verwendete Brückenschaltung ohne Mittelanzapfung der Wechselspannungsquelle. Die Welligkeit des Gleichstroms wird durch Drosseln vermindert.

2) **Wechselrichter** wandeln Gleichstrom in ein- oder mehrphasigen Wechselstrom um. Für Wechselrichter kommen nur steuerbare Ventile in Frage. Der Unterschied zwischen einem steuerbaren Gleichrichter und einem Wechselrichter besteht nur darin, daß die Steuerung (Zündung) der Ventile eines als Wechselrichter arbeitenden Stromrichters so erfolgt, daß eine Wirkleistung vom Gleichstromnetz in das Wechselstromnetz übertragen wird, während bei Gleichrichterbetrieb ein Leistungsfluß vom Wechselstromnetz zum Gleichstromnetz stattfindet. Man spricht aus diesem Grunde auch von **Umkehrstromrichtern**, die besonders für große Gleichstromantriebe von Walzstraßen u. dgl. verwendet werden. Die bei der Bremsung frei werdende Energie wird somit wieder in das Wechselstromnetz zurückgeliefert. Der Stromrichter kann die Steuerimpulse aus einer fremden Wechselspannungsquelle erhalten (fremdgeführter Wechselrichter), oder das Wechselstromnetz selbst dient zur Steuerung (selbstgeführter Wechselrichter).

3) Die **Umrichter** wandeln Wechselstrom in Wechselstrom einer anderen Frequenz um. Sie werden zur Kopplung zweier Wechselstromnetze verschiedener Frequenz verwendet (z. B. 16 $\frac{2}{3}$ Hertz-Bahnnetz mit 50 Hertz-Netz). Die Umrichtung kann über einen Gleichstromzwischenkreis erfolgen (Zusammenschaltung von Gleichrichter und Wechselrichter); man spricht dann von einem mittelbaren Umrichter. Oder die Umrichtung erfolgt direkt durch einen entsprechend gesteuerten S. (unmittelbarer Umrichter).

Lit. Lappe: S. (2. Aufl. Berlin 1967).

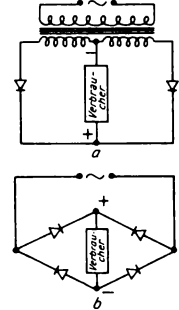
Stromröhre, → Strömungslehre.

Stromschiene, → Fahrleitung.

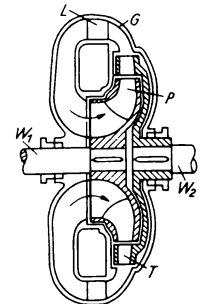
Stromstärke, elektrische S., Zeichen i (Momentanwert), I (Effektivwert und Gleichwert), die in der Zeiteinheit durch einen Leiterquerschnitt hindurchfließende Ladungsmenge. Die S. wird in Ampere gemessen.

Stromtor, svw. → Thyatron.

Strömungsgetriebe, dynamisches Flüssigkeitsgetriebe, hydrodynamisches Getriebe, Turbogetriebe, Drehmomentwandler, Flüssigkeitswandler, Föttinger-Getriebe, Föttinger-Transformator, Föttinger-Wandler, ein Getriebe, bei dem die Kraftübertragung zwischen Antriebs- und Abtriebsseite durch die kinetische Energie einer Flüssigkeitsmenge geschieht. Durch das auf der Antriebswelle (Primärwelle) W_1 sitzende Pumpenrad P wird die dem S. zugeführte Leistung in Strömungsenergie der Übertragungsflüssigkeit umgewandelt, die infolgedessen in einem Kreislauf durch das S. strömt. Im nachgeschalteten Turbinenrad T wird der Flüssigkeit diese Energie durch Dralländerung wieder entzogen und kann als Drehmoment M an der Abtriebswelle



2 Gleichrichterschaltungen. a) Doppelwegschaltung (die Wechselstromquelle, der Transformator, ist in der Mitte angezapft), b) Graetzschaltung



Schema eines Strömungsgetriebes. W_1 Antriebswelle, W_2 Abtriebswelle, G Gehäuse, P Pumpenrad, T Turbinenrad, L Leitrad

(Sekundärwelle) W_2 wirksam werden. Das zwischen Turbinen- und Pumpenrad (Leitrad) eingebaute Leitrad L sorgt für eine von der Turbine näherungsweise unabhängige Zu- und Abströmung zum Pumpenrad und nimmt das Differenzdrehmoment \vec{M}_{Lz} auf, so daß das vom Antrieb eingeleitete Drehmoment \vec{M}_1 gleich ist der Summe aus \vec{M}_2 und \vec{M}_{Lz} . Drehmoment und Drehzahl der Abtriebswelle sind abhängig von der Belastung. Durch entsprechende Ausbildung der Beschaukelung des S.s wird somit erreicht, daß bei gleichbleibender Antriebsdrehzahl und gleichbleibendem Antriebsdrehmoment \vec{M}_1 das Abtriebsdrehmoment \vec{M}_2 mit wachsenden Drehzahlen der Abtriebswelle abnimmt; dabei wird der Höchstwert von \vec{M}_2 bei stillstehender Abtriebswelle erreicht und ist je nach Auslegung des S.s etwa 2- bis 4mal so groß wie das gerade eingeleitete Antriebsdrehmoment.

Das S. wird angewendet bei von Verbrennungsmotoren betriebenen Fahrzeugen, wo es sich automatisch den wechselnden Fahrwiderständen anpaßt, so daß das Schalten wegfällt, ferner bei Förderanlagen, Erdbewegungsmaschinen und stationären Anlagen. Der Wirkungsgrad eines S.s ist aber schlechter als bei entsprechenden Zahnradgetrieben; das höchste Antriebsdrehmoment reicht meist nicht aus, um sehr steile Steigungen zu befahren. Daher wird das S. häufig in Verbindung mit einem wenigstufen Zahnradgetriebe und einer mechanischen Kupplung oder mit einer Strömungskupplung, die wie ein S., nur ohne Leitrad, aufgebaut ist (\rightarrow Kupplung), verwendet. Bei letztgenannter Kombination kann sich das Leitrad über Freiläufe auf der Sekundärwelle oder gegen das feststehende Gehäuse abstützen. Dadurch wird erreicht, daß sich das Leitrad bei kleinen Belastungen und hohen Drehzahlen des Abtriebes mit dem Turbinenlaufrad dreht (besserer Wirkungsgrad), während es in dem Augenblick, in dem das Abtriebsdrehmoment größer wird als das Antriebsdrehmoment, stehenbleibt und nun tatsächlich als Leitrad arbeitet.

Lit. Kickbusch: Föttinger-Kupplungen und Föttinger-Getriebe (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963); Semtschastnow u. Büttner: Hydraulische Getriebe für Schienenfahrzeuge (dtscb Berlin 1959).

Strömungslehre, die Lehre von den Bewegungen der Flüssigkeiten und Gase. Strömungen inkompressibler Medien sind Gegenstand der \rightarrow Hydrodynamik, Strömungen kompressibler Medien Gegenstand der \rightarrow Gasdynamik. Reibungsbehaftete Strömungen werden in der Grenzschichttheorie (\rightarrow Grenzschicht) behandelt. Die Lehre von den Bewegungen der Gase bei der Umströmung von Körpern wird als \rightarrow Aerodynamik bezeichnet. Die S. hat insbesondere die Aufgabe, die bei der Umströmung von Körpern und bei der Durchströmung von Kanälen (z. B. auch von Rohrleitungen) auftretenden Geschwindigkeiten sowie die von der Strömung auf die Körper und Kanalwände ausgeübten Kräfte zu bestimmen.

Für die Anwendung in der Technik sind von besonderer Bedeutung die *stationären Strömungen*, d. s. Strömungen, die im Gegensatz zu den *instationären Strömungen* an derselben Stelle dauernd die gleiche Geschwindigkeit aufweisen. Das Strombild ist somit nicht von der Zeit abhängig; dadurch wird die Untersuchung solcher Probleme sehr vereinfacht. Bei stationären Strömungen fallen die *Strombahnen*, d. s. die Kurven, die die Flüssigkeitsteilchen durchlaufen, die *Stromlinien*, d. s. die Kurven, deren Tangenten die Richtung der Geschwindigkeitsvektoren angeben, und die *Streichlinien*, d. i. der geometrische Ort aller Teilchen, die an einem bestimmten

Ort „vorbeigestrichen“ sind, zusammen. Entlang einer Stromlinie gilt die \rightarrow Bernoullische Gleichung, deren großer Wert darin besteht, daß man bei Kenntnis der Bernoullischen Konstanten zu jeder Geschwindigkeit sofort den Druck angeben kann. Für die Ausflußgeschwindigkeit aus einer kleinen Bohrung in einem großen Behälter folgt aus der Bernoullischen Gleichung die *Torricellische Ausflußformel* zur Berechnung der Ausflußgeschwindigkeit v : $v = \sqrt{2gh}$. Dabei ist h die Höhe des Wasserspiegels über der Öffnung und g die Erdbeschleunigung (Fallbeschleunigung). Zusammen mit der \rightarrow Kontinuitätsgleichung ist die Bernoullische Gleichung die Grundlage der *Stromfadentheorie*, die zur Berechnung von Rohrleitungen von großer Bedeutung ist. Ein *Stromfaden* ist der flüssige Inhalt einer *Stromröhre*, eines röhrenförmigen Gebildes, dessen Mantelfläche aus Stromlinien besteht. Die Strömungsgeschwindigkeit ändert sich dann nur mit der Koordinate in Stromfadenrichtung (eindimensionale Strömung). In der Vergangenheit berechnete man auch Dampfturbinen und andere Strömungsmaschinen auf der Grundlage der Stromfadentheorie. Erst in letzter Zeit wurden exakte Verfahren für mehrdimensionale Strömungen entwickelt.

Für Strömungsvorgänge, bei denen die Zähigkeitskräfte überwiegen (sehr kleine \rightarrow Reynoldssche Zahlen), wird der Begriff *schleichende Strömung* angewendet. Als *laminare Strömung* bezeichnet man die Bewegung einer Flüssigkeit oder eines Gases, bei der die einzelnen Flüssigkeits- oder Gasschichten nur aufeinander gleiten, ohne sich zu vermischen. Diese Strömungsform ist nur bis zu einer gewissen Reynoldsschen Zahl stabil. Wird diese überschritten (kritische Reynoldssche Zahl), so werden kleine Schwankungen nicht mehr gedämpft, und es bilden sich *turbulente Strömungen* aus (Umschlag laminar-turbulent), bei denen kleine Flüssigkeits- oder Gasballen (Turbulenzballen) quer zur Strömungsrichtung Bewegungen ausführen, so daß die Flüssigkeits- oder Gasschichten vermischt werden. — Die Vorgänge bei der Flachwasserströmung haben Ähnlichkeit mit den kompressiblen Strömungen. Die charakteristische Kennzahl ist hier die \rightarrow Froudesche Zahl. Strömungen, bei denen die Froudesche Zahl größer als 1 ist, werden *überkritisch* oder *schießend* genannt, Strömungen, bei denen sie kleiner als 1 ist, *unterkritisch* oder *fließend*. Bei schießender Strömung können sich — ähnlich wie bei der Überschallströmung, deren Machzahl größer als 1 ist — Druckstörungen nicht stromaufwärts fortpflanzen. Im Falle eines stromabwärts gelegenen Strömungshindernisses entsteht bei schießender Strömung ein Wasseraufstau, der als *Wassersprung* bezeichnet wird. Dieser ist der analoge Vorgang zum Verdichtungsstoß bei mit Überschallgeschwindigkeit strömenden Gasen. — Die drehungsfreie Bewegung einer reibungsfreien homogenen Flüssigkeit oder eines Gases wird *Potentialströmung* genannt. Jeder Punkt eines solchen Strömungsfeldes besitzt ein bestimmtes Potential Φ , das der Laplaceschen Differentialgleichung $\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0$ genügt. Die Linien konstanten Potentials sind Potentiallinien, die mit den Stromlinien ein orthogonales Maschennetz bilden. — Gebiete mit unzeitig unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeit werden durch *Trennungs- oder Diskontinuitätsflächen* voneinander getrennt. Trennungsflächen sind instabil und zerfallen in \rightarrow Wirbel.

Während die klassische Hydromechanik, ausgehend von idealen, d. h. reibungsfreien Flüssigkeiten, nicht in der Lage war, die Ursachen des Widerstandes von in Flüssigkeiten bewegten Kör-

pern zu erklären (d'Alembertsches Paradoxon), schuf der deutsche Physiker Prandtl mit einer 1904 veröffentlichten Arbeit die Grundlagen für die Grenzschichttheorie, durch deren Methoden die der klassischen Hydromechanik ergänzt werden. Trotz dieser Entwicklung der Theorie ist man bei der Untersuchung komplizierter Aufgaben der S. oft gezwungen, experimentelle Methoden zu Hilfe zu nehmen. So setzt man im Windkanal (oder auch im Wasserkanal) das zu untersuchende Objekt oder ein Modell desselben den durch die Modellgesetze modifizierten Betriebsbedingungen aus und mißt die auftretenden Geschwindigkeiten und Kräfte. Die kompressible reibungsfreie Strömung wird manchmal auch im Flachwasserkanal nachgebildet, was durch die Analogie zwischen einer Flachwasserströmung mit freier Oberfläche und der kompressiblen Gasströmung möglich ist. Die Analogie des elektrischen Feldes zur inkompressiblen Potentialströmung läßt sich leicht experimentell auswerten (elektrolytischer Trog). Bei Modellversuchen hat man auf die Einhaltung der Ähnlichkeitsgesetze zu achten. So muß z. B. bei zwei Vorgängen, die sich unter dem vorwiegenden Einfluß von Reibungskräften abspielen, die

Reynoldssche Zahl $Re = \frac{v l}{\nu}$, bei Vorgängen mit Änderungen der Dichte (hohe Strömungsgeschwindigkeiten) die Machzahl $M = v/c$ und bei Vorgängen, die sich unter dem vorwiegenden Einfluß der Schwerkraft abspielen (Strömungen mit freier Oberfläche) die Froudesche Zahl $Fr = \frac{v}{\sqrt{g l}}$ übereinstimmen.

Lit. Albring: Angewandte S. (2. Aufl. Dresden u. Leipzig 1963); Prandtl: S. (4. Aufl. Braunschweig 1956); Tietjens: S. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960); Neunaß: Praktische S. (Berlin 1967).

Strömungsmaschine, eine Maschine, die von einem Medium stetig durchströmt wird und von diesem Energie entnimmt oder Energie an das Medium abgibt. Eine S. ist entweder eine Kraftmaschine, bei der das Arbeitsmittel kontinuierlich durch Leiträder und Laufräder strömt und diese dabei in Drehbewegung setzt (Dampf-, Wasser-, Gasturbine), oder eine Arbeitsmaschine, die einen Stoffstrom stetig durch Leit- und Laufräder befördert (Kreiselkompressor und Kreispumpe). Je nach der Führung des Mediums unterscheidet man Axial-, Radial- und Diagonalmaschinen. In einer **Axialmaschine** strömt das Medium parallel zur Welle durch die Leit- und Laufräder. Axialmaschinen haben ein großes Durchsatzvolumen, sie erzielen große Leistungen und einen guten Wirkungsgrad. In einer **Radialmaschine** strömt das Medium radial von innen nach außen oder umgekehrt durch die Leit- und Laufräder. Das Arbeitsgebiet der Radialmaschinen liegt im Gegensatz zu den Axialmaschinen im Bereich kleinerer Durchsatzvolumen und höherer Druckverhältnisse. In einer **Diagonalmaschine** strömt das Medium schräg zur Drehachse der Maschine.

S. n eignen sich besonders für große Leistungen und Durchsätze, bei denen sie gute Wirkungsgrade besitzen und gegenüber den Kolbenmaschinen einen geringen Platzbedarf je Leistungseinheit erfordern sowie ein kontinuierliches Arbeiten ermöglichen.

Strömungspotential, eine elektrokinetische Erscheinung, und zwar eine elektrische Potentialdifferenz, die beim Strömen von Flüssigkeiten durch Kapillaren entsteht. Das S. ist zurückzuführen auf die elektrische Doppelschicht, die sich an der hier vorliegenden Phasengrenzfläche fest/flüssig ausbildet. Der diffuse Anteil dieser Doppelschicht, auch als *elektrokinetisches* oder ζ - (*Zeta*-) *Potential* bezeichnet, wird durch

die strömende Flüssigkeit mitgenommen und erzeugt eine Potentialdifferenz zwischen den Enden der Kapillare. Wenn die Möglichkeit besteht, kann diese Differenz durch Ionenwanderung ausgeglichen werden.

Strömungssonden, Geräte zur Messung der kennzeichnenden Strömungsgrößen, z. B. des Gesamtdruckes (Summe aus dynamischem und statischem Druck), des statischen Druckes und der Strömungsgeschwindigkeit nach Größe und Richtung. Die wichtigsten S. sind Drucksonde, Fadensonde, Hitzdrahtanemometer, Kegelsonde, Keilsonde, Krallensonde, Kugelsonde, Pitotrohr, Prandtlrohr, Pyramidensonde, Windfahne und Zylindersonde.

Strömungswiderstand, Zeichen W , die Kraft, die das Strömungsmedium auf einen relativ zu ihm bewegten Körper in Strömungsrichtung ausübt. Der S. wird erzeugt durch die vom Strömungsmedium ausgeübten Druck- und Reibungskräfte: $W = \rho l v^2 c_W F$, wobei ρ = Dichte des Mediums, v = Relativgeschwindigkeit zwischen Körper und Medium, F = Körperquerschnittsfläche senkrecht zur Relativgeschwindigkeit, c_W = Widerstandsbeiwert, der aus Versuchen bestimmt wird. → Luftwiderstand.

Stromverzweigung, die Aufteilung eines in einem Leiternetz fließenden elektrischen Stromes in mehrere Teilströme, → Kirchhoffsche Verzweigungsregeln.

Stromwandler, ein → Transformator für Meßzwecke.

Stromwelle, → Spannungswelle.

Stromwender, svw. → Kommutator.

Stromwendermaschine, → Kommutator.

Stromwendung, **Kommutierung**, die Stromänderung in einer Spule einer Kommutatorwicklung bei elektrischen Maschinen, während sie von einem Ankerzweig in den anderen läuft und von den Bürsten kurzgeschlossen ist. Bei schlechter S. kommt es zum Bürstenfeuer. Zur Verbesserung der S. dienen Wendepole.

Strontianit, ein Mineral, SrCO_3 ; orthorhombisch, weiß, grau, gelb, grün, Härte nach Mohs 3,5, D. 3,7 g cm⁻³. S. findet sich auf hydrothermalen Ergänzungen und chemisch sedimentär. Er wird technisch zur Darstellung von Strontiumhydroxid verwendet, ferner in der Pyrotechnik und in der Zuckerindustrie.

Strontium, Symbol Sr, chemisches Element aus der II. Hauptgruppe des Periodensystems, gehört zu den Erdalkalimetallen, ein Leichtmetall; Ordnungszahl 38, Massenzahlen der bis jetzt bekannten Isotope 88, 86, 87 und 84, Atomgewicht 87,62 (bezogen auf ¹²C), Wertigkeit II, D. 2,6 g cm⁻³, F. 757 °C, Kp. 1366 °C; 1793 von Klaproth entdeckt. S. ist silberweiß bis grau und weich; mit Wasser und an der Luft oxydiert es sehr schnell, fein verteilt entzündet es sich mitunter von selbst. Von verdünnten Mineralsäuren wird es stürmisch gelöst. Auf Grund der leichten Oxydierbarkeit wird reines S. unter Petroleum, Toluol oder in luftleeren Behältern aufbewahrt. S. kann in allen menschlichen und tierischen Organen nachgewiesen werden. Die wichtigsten Strontiumminerale sind Zölestin und Strontianit. Man gewinnt S. durch Schmelzflußelektrolyse aus Strontiumchlorid. Technisch verwendet man es nur in geringem Umfang. Es dient z. B. als Getterwerkstoff in der Rundfunkröhrenindustrie. Strontiumsalze, z. B. **Strontiumchlorid** SrCl_2 , **Strontiumkarbonat** SrCO_3 , **Strontiumnitrat** $\text{Sr(NO}_3)_2$ und **Strontiumsulfat** SrSO_4 , werden vor allem zur Herstellung von rotem bengalischem Feuer verwendet. **Strontiumbromid** SrBr_2 und **Strontiumjodid** SrJ_2 werden in der Medizin eingesetzt.

Das künstliche radioaktive Isotop ⁹⁰Sr (Halbwertszeit 27,7 Jahre) ist ein Uran-Spaltprodukt und entsteht vor allem bei Kernwaffenexplo-

sionen. Da es sich in den Knochen ablagert und anreichert, ist es biologisch sehr gefährlich.

Strosse, im Bergbau ein bestimmtes Abbauniveau, z. B. eine Stufe im Abbaubereich oder eine ausgerüstete Arbeitsebene mit den zugehörigen Böschungen für Großgeräte im Tagebau.

Strudel, → Wirbel.

Struktur, 1) Chemie: der Feinbau von Kristallgittern und Molekülen sowie auch der Aufbau größerer Teilchen — z. B. Fasern, Legierungen — aus kleineren.

2) Geologie: → Gefüge.

Strukturdiagramm, swv. → Flußdiagramm.

Strukturwandel, im Eisenbahnwesen eine tiefgreifende technische und organisatorische Veränderung des seit dem Aufkommen der Eisenbahnen gewachsenen Eisenbahnverkehrs. Der S. wird verursacht durch die zunehmende Übernahme von Transportaufgaben durch Straßen-, Luft- und Wasserstraßenverkehr (Verkehrsträgerwechsel) und durch die Ablösung der Dampftraktion (→ Traktionswandel). Der S. wird gekennzeichnet durch die Aufgabe der Flächenbedienung (Stilllegung von Nebenstrecken), die Konzentration des Güterumschlages auf Knotenbahnhöfen (Schließung wenig benutzter Gleisanschlüsse), den Ausbau der Hauptstrecken und der zugehörigen Bahnhöfe für hohe Geschwindigkeiten und schwere Züge (Linienverbesserung durch Vergrößerung der Kurvenhalbmesser, Verlängerung der Bahnsteig- und Güterzuggleise), die Einführung moderner Traktionsarten und die Übernahme wachsender Personennahverkehrsaufgaben in Ballungsgebieten.

Strumpfherstellung. Die maschinelle Herstellung von Herrensocken, Kinder- und Sportstrümpfen erfolgt auf Flach- oder Rundstrickmaschinen (→ Strickerei). Damenstrümpfe werden formgerecht auf Flachkuliervirkmaschinen (Cottonmaschinen) hergestellt (→ Wirkerei), nahtlose Damenstrümpfe als Schlauch oder nur teilweise formgerecht (Ferse und Spitze) auf Rundstrickmaschinen.

Strupfe, → Jacquardmaschine.

Strychnin, ein äußerst giftiges Alkaloid von komplizierter chemischer Struktur. Von allen Strychnosarten enthalten die Samen der Brechnuß und des Ignatiusstrauches die Hauptmengen an S. Das S. wirkt erregend auf verschiedene Teile des Zentralnervensystems, deshalb lassen sich durch kleine Gaben Lähmungserscheinungen bekämpfen sowie Schwächezustände und Kreislaufstörungen beheben. Höhere Dosen erzeugen Krampfformen und den Tod durch Atemlähmung. In Form des rotgefärbten Giftweizens dient S. zur Vertilgung von Nagetieren. Das Dimethoxyderivat des S. ist das **Bruzin**. Es besitzt ähnliche physiologische Wirkung wie das S., ist jedoch zehnmal giftiger.

Stuck, Verzierungen und Gesimse an Decken und Wänden, hergestellt aus **Stuckgips** (→ Gips).

Stückigmachen, **Zusammenballen**, ein Verfahren zum Verfestigen staubförmiger Stoffe zu Stücken durch Wärme, Druck und Zusatz von Bindemitteln. Wertlose Stäube können dadurch verkaufs-, transport- oder verarbeitungsfähig gemacht werden. Zu diesem Verfahren gehört z. B. das **Granulieren**, bei dem das S. vorwiegend durch Benetzung mit Flüssigkeit bei gleichzeitiger rollender Bewegung in Granuliertellern oder -trommeln erfolgt. Es entstehen kugelige Granulate geringer Festigkeit. Durch Granulieren wird z. B. die Schüttdichte erhöht. Durch → **Sintern** erreicht man ein Aneinanderbacken von feinkörnigen Stoffen oder Verfestigen von zu kompakten Stücken vorgeformtem Feingut durch Erhitzen. Die entstehenden **Pellets** sind äußerst fest. Beim **Tablettieren** und **Brikettieren** erhält man durch Druck und gegebenenfalls durch Zusatz eines Bindemittels Stücke bestimmter Form, die

der Matrizenform entsprechen. Diese Verfahren werden z. B. beim S. pulverförmiger Arzneimittel und beim Pressen von Braunkohle zu Briketts angewandt.

Stückzeit, → Zeitgliederung in der Produktion.

Stufenprinzip, ein raketentechnisches Verfahren, das hauptsächlich beim Start von Raumflugkörpern (→ Raumfahrt) angewandt wird. Die Trägersrakete (→ Rakete) setzt sich aus mehreren Einzelraketen (**Raketenstufen**) zusammen, die übereinander oder nebeneinander angeordnet sind und die (zumindest während eines Teils der Gesamtbrennzeit) einzeln und nacheinander brennen. Ist eine Raketenstufe leergebrannt, wird sie abgetrennt, worauf die nächste Stufe gezündet werden kann, usw. Mit Hilfe des S. lassen sich wesentlich höhere Brennschlußgeschwindigkeiten erreichen als mit einer Einzelrakete gleicher Größe, da die zu beschleunigende Masse (Nutzlast + leere Rakete + Resttreibstoff) durch den Abwurf der leergebrannten Stufen schneller abnimmt als bei der Einzelrakete. Zwischen die Brennzeiten zweier Stufen kann auch eine antriebslose Phase eingeschaltet werden.

Stülpwand, → Baugrube.

Stunde, 1) Kurz. h, gesetzliche Einheit der Zeit (Dauer). 1 h = 60 min = 3600 s. 2) Kurz. h, gesetzliche Einheit der Zeit zur Angabe eines Zeitpunktes, z. B. 3 Uhr = 3h.

3) im Bergbau ein Winkelmaß zur Angabe der Richtung des Streichens, von Strecken u. a. Die S. entspricht 15°, das rührt her von der Einteilung des früher üblichen Bergmannskompasses in zweimal 12 S.n.

Stundenkreis, ein durch die Himmelspole verlaufender halber Großkreis, → astronomisches Koordinatensystem.

Stupp, → Quecksilber.

Sturmboot, ein im Militärwesen verwendetes leichtes, schnelles und bewegliches Gleitboot zum Überwinden von Wasserhindernissen. Der Bootskörper besteht aus schwerversenkbarem Material (z. B. Schaumplast). Der Antrieb erfolgt durch Ottomotoren als Außenbordmotor. S.e haben eine Geschwindigkeit von etwa 35 km/h und eine Tragfähigkeit von 1000 kp. Mit einem S. können eine Mot.-Schützengruppe mit Bewaffnung, schwere Maschinengewehre oder leichte Granatwerfer mit Bedienung übersetzt werden.

Sturmflut, ein außergewöhnlich hoher Wasserstand an der Küste durch Wasseranstau infolge starker auf die Küste gerichteter Winde. In Meeren mit → Gezeiten bezeichnet man als S. eine durch Windstau verstärkte Springflut.

Sturz, 1) die Überdeckung einer Maueröffnung, z. B. bei Fenster und Tür.

2) die Neigung der Radebene von Fahrzeugrädern zur Senkrechten im Reifenauflegemittelpunkt, gemessen bei Geradeausstellung der Räder und bei bis zum zulässigen Gesamtgewicht belastetem Fahrzeug. Durch den S., der ungefähr 2 bis 3° beträgt, wird das Rad auf den Achsschenkelbolzen gedrückt und das Spiel in den Radlagern ausgeschaltet. Bei zu großem S. kann der Reifen durch die unterschiedlichen Rollradien, vor allem bei breiter Bereifung, auf seiner ganzen Breite nicht mehr abrollen, sondern gleitet teilweise; die Folge ist ein starker Reifenverschleiß. Der S. ist bei Einzelradaufhängung mit der Durchfederung meist veränderlich.

Sturzbecken, swv. → Tosbecken.

Stütze, ein senkrechtstehender Pfeiler oder Stiel aus Holz, Stahl, Stahlbeton oder Mauerwerk zur Aufnahme von Bauwerkslasten. Besonders ausgeprägt in der Skelettbauweise. Der **Stützenfuß** ist das untere Ende der S., der **Stützenkopf** das obere Ende der S.; Ausbildung und Größe beider Elemente sind abhängig von der Auflast.

Die **Pendelstütze** ist eine gelenkige Kopf- und Fußausbildung. Sie nimmt nur senkrechte Auflagerkräfte auf und gibt einem Tragwerk (→ Binder, → Träger) ein bewegliches → Auflager.

Stützweite, swv. → Spannweite.

Styroflex, → Plaste, Übers.

Styrol, Vinylbenzol, Phenyläthylen, $C_6H_5-CH=CH_2$, ein ungesättigter, aromatischer Kohlenwasserstoff. S. ist eine farblose, benzolartig riechende Flüssigkeit (Kp. 146 °C). Es kommt im Steinkohlenteer, im Erdöl und in der Balsamart Styrax vor. Technisch gewinnt man es hauptsächlich durch Umsetzung von Benzol mit Äthen in Gegenwart von Aluminiumchlorid als Katalysator zu Äthylbenzol und dessen katalytische Dehydrierung. Weitere Synthesen sind die katalytische Tetramerisation von Äthin und die Dimerisation von Butadien. S. polymerisiert leicht zu dem technisch wichtigen Polystyrol.

Sublimat, 1) → Sublimation. 2) Quecksilber(II)-chlorid, → Quecksilber.

Sublimation, der direkte Übergang eines festen Stoffes in den gasförmigen Zustand unter Umgehung der flüssigen Phase bei einer bestimmten, druckabhängigen Temperatur (**Sublimationstemperatur**, -punkt, abg. Sbp.). Die S. erfordert den gleichen Energieaufwand, wie er bei entsprechender Zustandsänderung ohne Umgehung der flüssigen Phase benötigt wird. Deshalb setzt sich die **Sublimationswärme** additiv aus der Schmelz- und Verdampfungswärme zusammen. Bei Abkühlung des Dampfes erhält man durch Kondensation das Sublimat.

In der Technik wird die S. z. B. bei der Verwendung von festem Kohlendioxid (Kohlensäureschnee) als Kühlmittel und zur Reinstdarstellung einiger Elemente, z. B. Jod, Schwefel, Molybdän oder deren Verbindungen, ausgenutzt. Ein spezielles Verfahren der S. ist Gefriertrocknung (→ Trocknung).

Subminiaturröhre, → Elektronenröhre.

substantive Farbstoffe, swv. → Direktfarbstoffe.

Substitution, 1) Mathematik: das Ersetzen einer oder mehrerer Größen durch eine oder mehrere andere Größen. Die S. wird meist zur Vereinfachung eines Rechenganges angewandt und ist ein wichtiges Hilfsmittel bei der Lösung vieler Aufgaben; so in der Algebra bei der Auflösung von Gleichungen, in der Analysis bei der Berechnung von Integralen, der Lösung von Differentialgleichungen u. a., in der Geometrie bei der Transformation geometrischer Gebilde in eine andere Form oder Lage.

2) Chemie: der Austausch eines Atoms oder einer Atomgruppe in einer Verbindung durch ein anderes Atom oder eine andere Atomgruppe, die **Substituenten**. Man unterscheidet 1) nukleophile oder anionide S., S_N , wenn der neu eintretende Substituent das zur Bindung notwendige Elektronenpaar mitbringt, d. h. wenn er kernsuchend ist. 2) elektrophile oder kationide S., S_E , die auftritt, wenn sich die alte Gruppe unter Zurücklassung des Bindungselektronenpaares am Kohlenstoffatom gelöst hat. Der neue Substituent ist elektronensuchend. 3) radikalische S., S_R , die auftritt, wenn die alte Gruppe nur ein Elektron mitnimmt, der neue Substituent auch ein Elektron mitbringen muß und somit Radikalcharakter besitzt. Beim Eintreten eines zweiten Substituenten an den Benzolring unterscheidet man Substituenten 1. Ordnung (→ Cl, → Br, → J, → CH_3 , → OH, → NH_2), die vorwiegend in o- und p-Stellung dirigieren, und Substituenten 2. Ordnung (→ NO_2 , → CO, → CHO, → COOH, → SO_3H , → CN), die vorwiegend in m-Stellung dirigieren. Beispiel: Ersetzt man am Benzol ein H-Atom durch ein Cl-Atom, so erhält man Monochlorbenzol: $C_6H_6 + Cl_2 \rightarrow C_6H_5Cl + HCl$. Die S. ist sehr

wichtig zur Strukturaufklärung, besonders von organischen Verbindungen.

Subtraktion, eine der Grundrechenarten, die aus der Addition durch Umkehrung entstehende Rechenart; in der Elementarmathematik das Abziehen (Subtrahieren), z. B. $8 - 3 = 5$, $c - b = a$; c bezeichnet man als *Minuend*, b als *Subtrahend*, a als *Differenz*. Im Bereich der natürlichen Zahlen ist die S. nicht in jedem Fall ausführbar, z. B. ist $3 - 8$ keine natürliche Zahl. Dagegen ist im Bereich der ganzen Zahlen (natürliche Zahlen erweitert durch die Null und die negativen Zahlen) die Differenz zweier Zahlen stets wieder eine ganze Zahl: $3 - 8 = -5$.

Subtropen, das Gebiet am Rande der Tropen. Der Begriff S. ist nicht eindeutig definiert; mit „subtropisch“ bezeichnet man Gebiete mit hohen Sommertemperaturen und sehr milden, wenn auch nicht immer frostfreien Wintern sowie einer wärmeliebenden Vegetation.

Sucher, → photographische Kamera.

Suchtonalysator, ein Gerät zur → Schallanalyse.

Sucrochemie [von englisch sucrose, 'Sacharose'], ein jüngerer Zweig der Chemie, der die Erforschung der Einsatzmöglichkeiten der → Sacharose als Rohstoff für die chemische Industrie zur Aufgabe hat.

Südlicht, → Polarlicht.

Südpol, 1) geographischer S., der Gegenpunkt des → Nordpols.

2) magnetischer S., → Magnetismus, → Erdmagnetismus.

Südpunkt, der Schnittpunkt zwischen Horizont und Meridian, der südlich vom Beobachter gelegen ist.

Sukzinate, die Salze und Ester der → Bernstein-säure.

Sulfanilsäure, p-Aminobenzolsulfonsäure, Anilin-p-sulfonsäure, $NH_2-C_6H_4-SO_3H$, farblose Kristalle. Technisch gewinnt man S. aus Anilinsulfat bei 160 bis 280 °C (Backverfahren). S. ist Ausgangsstoff für die Synthese von Azofarbstoffen. Das Amid der S., das **Sulfanilamid**, ist Grundbaustein der Sulfonamide.

Sulfate, die Salze der → Schwefelsäure.

Sulphydrylgruppe, Thiolgruppe, **Merkapto-**gruppe, die funktionelle Gruppe → SH, die z. B. in Thioalkoholen und in der Aminosäure Zystein vorkommt.

Sulfide, die Salze des Schwefelwasserstoffs, → Schwefel.

Sulfinsäuren, organische Verbindungen, die die Gruppierung → SO_3H enthalten, z. B. Äthylsulfinsäure $C_2H_5-SO_3H$. S. können hergestellt werden durch Reduktion von Sulfonsäurechloriden mit Zinkstaub.

Sulfitablaue, die beim Sulfitverfahren zur Herstellung von Zellstoff in großer Menge (8 bis $10\text{ m}^3/\text{t}$ Zellstoff) anfallende Ablaue. Sie enthält etwa 50 % der gesamten Festsubstanz des Holzes, z. B. Lignin, Harze und gewisse Mengen gelöste Hemizellulosen sowie verschiedene Zuckerarten. Ein Teil dieser Zucker ist vergärbbar; man gewinnt 50 bis 100 Liter Äthanol (**Sulfitspirit**) je Tonne Zellstoff. Ein anderer Teil dient als Nährstoff für die Züchtung von Torulahefe, die sowohl als Nährhefe wie auch als Viehfutter verwendet wird. Schließlich stellt man auch Gerbstoffe, Arzneimittel und Vanillin aus S. her. Eingedickte S. dient als Klebstoff, als Streckmittel für Leim, als Bindemittel für Briketts, für Gießereiformsand und für Straßenstaub (durch Übersprühen). Ein Großteil der S. wird ungenutzt in die Flüsse abgelassen.

Sulfite, die Salze der → schwefligen Säure.

Sulfochlorierung, wichtiges Verfahren zur Darstellung aliphatischer **Sulfochloride** durch gemeinsame Einwirkung von Schwefeldioxid und

Chlor auf gesättigte Kohlenwasserstoffe in Gegenwart von UV-Licht: $\text{RH} + \text{SO}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{UV}} \text{R}-\text{SO}_2\text{Cl} + \text{HCl}$. Die Sulfochloride langkettiger Paraffine sind Ausgangsprodukte für Wasch- und Netzmittel.

Sulfogruppe, die in den Sulfonsäuren enthaltene Atomgruppierung $-\text{SO}_3\text{H}$.

Sulfonamide, die ersten Chemotherapeutika gegen bakterielle Infektionen. Sie wurden 1932 von Domagk und Mitarbeitern als solche erkannt. Die therapeutisch verwendeten S. leiten sich fast ausschließlich vom Sulfanilamid $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_2-\text{NH}_2$ ab, bei dem H-Atome der Sulfonamidgruppe $-\text{SO}_2-\text{NH}_2$, mitunter auch der aromatischen Aminogruppe $-\text{NH}_2$ substituiert werden. Die Wirkung der S. beruht nach der *Wood-Fildesschen Theorie* (1940) auf einer Verdrängung des Bakterienwuchsstoffes p-Aminobenzoesäure. Kommt es bei Unterdosierung der S. nicht zur raschen Abtötung der Bakterien, so können diese resistent gegen S. werden. S. haben eine starke Wirkung bei Infektionen durch Pneumokokken (Lungenentzündung), Meningokokken (Meningitis) und Gonokokken (Gonorrhoe). Man wendet z. T. S. kombiniert mit Antibiotika an. In der DDR gehandelte S. sind z. B. Albucid, Euvernil, Sulfaganidin, Sulfamethin, Sulfasol, Depocid, Depovernil, Talisulfazol, Oranil, Orabet, Nephramid und Disalunil.

Lit. Mietzsch u. Behnisch: Therapeutisch verwendbare Sulfonamid- und Sulfonverbindungen (Weinheim/Bergstraße 1955).

Sulfonierung, Sulfurierung, das Einführen der Sulfogruppe $-\text{SO}_3\text{H}$ in organische (vor allem aromatische) Verbindungen, wobei \rightarrow Sulfonsäuren entstehen. Die S. erfolgt meist mit konzentrierter Schwefelsäure oder Oleum, z. T. in Gegenwart von Metallen, anderen Säuren oder Salzen. Bei aliphatischen Verbindungen wendet man meist die \rightarrow Sulfoxydation an.

Sulfonsäuren, Sulfosäuren, organische Verbindungen von der allgemeinen Formel $\text{R}-\text{SO}_3\text{H}$. R kann entweder ein Alkyl- oder Arylrest sein, $-\text{SO}_3\text{H}$ ist die Sulfogruppe. Die Salze und Ester der S. heißen **Sulfonate**. Die aromatischen S. lassen sich durch \rightarrow Sulfonierung darstellen. Sie sind wichtige Zwischenprodukte bei organischen Synthesen, z. B. bei Farbstoffen, Pharmazeutika und Waschmitteln. Die aliphatischen S. gewinnt man hauptsächlich aus höheren Alkanen durch \rightarrow Sulfoxydation oder über die Sulfochlorierung. Die S. höherer Alkane sind wichtige Ausgangsstoffe für die Herstellung von Wasch-, Netz-, Emulgier-, Schaum- und Flotationsmitteln. Niedere Alkylsulfonsäuren (Methan- bis Butansulfonsäuren) sind Lösungsmittel besonders für aromatische Kohlenwasserstoffe.

Sulfosäuren, svw. \rightarrow Sulfonsäuren.

Sulfosolvanverfahren, \rightarrow Haber-Bosch-Verfahren.

Sulfoxydation, ein wichtiges Verfahren zur Darstellung aliphatischer \rightarrow Sulfonsäuren durch gemeinsame Einwirkung von Schwefeldioxid und Sauerstoff auf gesättigte aliphatische oder zyklomaliphatische Kohlenwasserstoffe in Gegenwart von UV-Licht: $\text{RH} + \text{SO}_2 + 1/2 \text{O}_2 \xrightarrow{\text{UV}} \text{RSO}_3\text{H}$.

Sulfurierung, svw. \rightarrow Sulfonierung.

Summanden, die Glieder einer Summe; die Größen, die bei der Addition miteinander verknüpft werden, z. B. 5 und 3 in der Summe $5 + 3 = 8$.

Summe, das Ergebnis der Addition. Auch die Gesamtheit der zu addierenden Glieder selbst (z. B. $3 + 9$, $a + b + c$) bezeichnet man als S. und das Ergebnis als *Wert der S.* Eine **algebraische S.** ist das Ergebnis endlich vieler Additionen und Subtraktionen. Auch von komplexen Zahlen,

Vektoren, Matrizen u. a. definiert man eine Summe. Das **Summenzeichen** Σ (griechischer Buchstabe Sigma) dient zur abkürzenden Bezeichnung von S. n beliebiger Gliederzahl (\rightarrow Reihe), z. B.

$$\sum_{i=1}^5 a_i = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5;$$

$$\sum_{i=1}^{\infty} a_i = a_1 + a_2 + \dots + a_n + \dots;$$

$$\sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} + \dots$$

Summer, ein Signalempfänger, der, durch Gleich- oder Wechselstrom erregt, einen Brummtönen abgibt, bzw. ein einfaches Gerät zur Erzeugung einer tonfrequenten Wechselspannung mit geringen Anforderungen an die Qualität. Schnarrsummer werden wegen ihres breiten Frequenzspektrums in der NF-Meßtechnik verwendet.

Summierungsgetriebe, ein Getriebe mit mehreren Antrieben, die auf einen Abtrieb wirken, \rightarrow Umlaufgetriebe.

Sumpfl, \rightarrow Destillation.

Sumpfeisenerz, \rightarrow Limonit.

Sumpfgas, \rightarrow Methan.

Sumpffase, \rightarrow Hydrierung.

Sunk, die fortschreitende Senkung des Wasserspiegels in einem offenen Gerinne, hervorgerufen durch plötzliche Verminderung des Zuflusses im Oberlauf oder durch plötzliche Vermehrung des Abflusses im Unterlauf.

Super, \rightarrow Rundfunktechnik.

Superama-Verfahren, ein \rightarrow Breitwandverfahren.

Superfinish, \rightarrow Ziehschleifen.

superfluid, \rightarrow Helium.

Superhet, \rightarrow Rundfunktechnik.

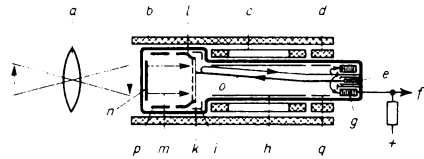
Superikonoskop, eine Bildaufnahmeröhre mit Vorabbildung. Das optische Bild wird auf eine Elektronen emittierende Schicht, die Photokate, projiziert. Die ausgelösten und beschleunigten Elektronen erzeugen auf einer Sekundärelektronen emittierenden Schicht, dem Speicher, ein Ladungsbild. Ein schräg einfallender Elektronenstrahl tastet das Ladungsbild auf dem Speicher zeilenförmig ab. Dabei wird die Ladung des gerade abgetasteten Bildelements durch die vom abtastenden Elektronenstrahl hervorgerufene Sekundäremission augenblicklich auf einen maximalen Wert erhöht.

Das S. ist heute im Fernseh-Studiobetrieb meist durch das \rightarrow Superorthikon ersetzt worden.

Supernova, \rightarrow Nova.

Superorthikon (Tafel 48), **Image-Orthikon**, eine Bildaufnahmeröhre mit Vorabbildung. Die vom Lichtbild ausgelösten Photoelektronen werden mit dem von der Fokussierspule aufgebauten Magnetfeld auf der Speicherplatte abgebildet (*Vorabbildungsteil*). Diese besteht aus einer dünnen, trommelfellartig gespannten Glasfolie von $\approx 3 \mu\text{m}$ Dicke, der — der Photokate zugewand — in geringem Abstand ein Feinstrukturnetz gegenübersteht. Die Photoelektronen fliegen von der Photokate durch das Feinstrukturnetz auf die Speicherplatte und lösen dort Sekundärelektronen aus, die vom Feinstrukturnetz aufgefangen werden. Es entsteht ein Ladungsbild auf der Glasfolie. Die Ladung der Speicherplatte wird durch einen Elektronenstrahl von der anderen Seite abgetastet. Die Abtastung entspricht der des \rightarrow Orthikons. Die zum Elektronenstrahlssystem zurückkehrenden und im Rhythmus des Bildsignals modulierten Elektronen werden von einem Sekundärelektronenvervielfacher aufgefangen und verstärkt. Durch den

Ladungstransport innerhalb der Glasfolie wird diese chemisch verändert, da gewöhnliches Glas ein Ionenleiter ist. In den modernsten S.s wird daher elektronenleitendes Spezialglas als Speicherfolie verwandt.



Superorthikon. a Optik, b Fokussierspule, c Ablenkspulen, d Justierspulen, e Elektronenstrahlsystem, f Bildsignal, g Sekundärelektronenvervielfacher, h Wandbelag, i Brems-elektrode, k Speicherplatte, l Feinstrukturnetz, m Photoelektronen, n Photokatode, o Abtastelektronen, p Beschleunigungselektrode, q Umlenkelektrode

Die Empfindlichkeit des S.s ist sehr groß, so daß noch bei Kerzenbeleuchtung Übertragungen möglich sind. Das S. ist besonders geeignet für Fernsehübertragungen außerhalb des Studios, wo mit schlechten Lichtverhältnissen gerechnet werden muß. Es gibt auch Spezialausführungen mit höchster Lichtempfindlichkeit, die durch großen Abstand zwischen Glasfolie und Feinstrukturnetz eine kleine Speicherkapazität haben und besonders in der Astronomie eingesetzt werden.

Zwei Größen von S.s sind z. Z. üblich: das 3''-Superorthikon und das 4 1/2''-Superorthikon ('' = Zoll). Diese Angabe bezieht sich auf den größten Durchmesser des S.s am Bildwandler-teil.

Superphosphat, → Phosphorsäuredüngemittel.

Superposition, die Überlagerung zweier physikalischer Vorgänge gleicher Art. Bei der S. von Schwingungen und Wellen entsteht Interferenz.

Super-Schmidt-System, ein → Spiegelsystem.

SuperScope-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Super-Technirama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Supplementwinkel, zwei Winkel, die einander zu 180° ergänzen.

Support, ein Schlitten an → Werkzeugmaschinen.

supraflüssig, → Helium.

Supraleitung, der im Jahre 1911 von dem holländischen Physiker H. Kamerlingh-Onnes entdeckte Effekt des Absinkens der elektrischen Widerstände R einiger Leiter auf unmeßbar kleine Werte in Temperaturintervallen vom absoluten Nullpunkt bis zu der materialabhängigen Sprungtemperatur T_s (Abb.); tritt bei einer Anzahl von Metallen, Legierungen und metallisch leitenden Verbindungen auf. Die zur S. nötigen tiefen Temperaturen wurden bisher nur mit Hilfe verflüssigten Heliums erreicht. Neuerdings wurden aber auch erfolgreiche Versuche bereits bei dem weniger schwierig zu handhabenden flüssigen Wasserstoff angestellt.

Im Zustand der S. kann kein magnetisches Feld in den Supraleiter eindringen (Lippmann-Effekt), und ein vor dem Abkühlen im Supraleiter vorhandenes Magnetfeld wird bei Eintritt der S. aus diesem verdrängt (Meißner-Ochsenfeld-Effekt). Durch ein genügend starkes Magnetfeld wird der supraleitende Zustand aufgehoben. Daher kann auch das Eigenfeld z. B. von supraleitenden Spulen zur Zerstörung der S. führen. In den letzten Jahren sind jedoch Legierungen und Verbindungen, z. B. zwischen Niob und Zirkonium bzw. Vanadin und Gallium, bekanntgeworden, deren Magnetfeldabhängigkeit des Supraleitungszustandes sich durch technologische Prozesse, z. B. Kaltverformung, erheblich verringern

läßt. In diesen „harten“ Supraleitern lassen sich Stromdichten in der Größenordnung von 10^6 A cm^{-2} erreichen.

Leiter	Al	Sn	Hg	Pb	Nb	Tc	MoN	V ₃ Ga	Nb ₃ Sn
T_s in °K	1,1	3,7	4,2	7,2	8,6	11,2	12,0	16,8	18,0

Supraleiter werden vorwiegend zur Erzeugung sehr starker Magnetfelder, in der Rechentechnik als Speicher und Schalter und in der Meßtechnik z. B. zur Empfindlichkeitssteigerung eingesetzt. **Supremaxglas**, → Glas.

Suspension, ein disperses System, bei dem in einem flüssigen Dispersionsmittel feste Teilchen in möglichst gleichmäßiger Verteilung als disper-ser Bestandteil vorliegen. Das **Suspendieren** geschieht in Rührwerken. S.en sind z. B. Aufschlämmungen. Sie können durch Filtrieren, Sedimentieren oder Zentrifugieren in ihre Einzelbestandteile zerlegt werden.

Süßstoffe, synthetische organische Verbindungen mit höherer Süßkraft als Saccharose (Rohrzucker), jedoch ohne Nährwert. S. dienen zum Süßen von Lebensmitteln, vor allem in der Diabetikernährung, und von pharmazeutischen Präparaten. Der bekannteste Süßstoff ist **Sacharin** (o-Sulfobenzoessäureimid), dessen Süßkraft 450- bis 500mal größer ist als die von Saccharose.

Süßwassergewinnung, → Entsalzung.

Suszeptibilität, 1) elektrische S., das Maß für die dielektrische Polarisierbarkeit eines Stoffes.

2) magnetische S., spezifische Größe der Magnetisierbarkeit, → Magnetisierung.

SV-Bahn, Abk. für → Stadt- und Vorortbahn.

S-Wellen, → Erdbeben.

SWF-Verkehr, → Fernsprechen.

Syenit, ein Tiefengestein, das sich aus Orthoklas, wenig Plagioklas und Amphibol (oder Biotit bzw. Pyroxen) zusammensetzt. S. ist sehr viel seltener als Granit und unterscheidet sich von diesem durch Quarzarmut. S. mit größerem Gehalt an Kalzium leitet über zu **Monzonit**, einem selteneren Tiefengestein mit Plagioklas, Orthoklas, Biotit. Bei stärkerem Überwiegen von Alkalien spricht man von **Alkalisyenit**, das dann zum → **Nephelinsyenit** überleitet. S. entspricht chemisch dem Ergußgestein Trachyt. Er wird zu Pflaster-, Bau- und Ornamentsteinen verwendet.

Sylvin, ein Mineral, das wertvollste Kalisalz, KCl; kubisch, farblos, weiß, gelblich, Härte nach Mohs 2, D. 1,99 g cm⁻³. Über Vorkommen und Verwendung → Kali.

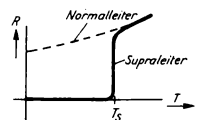
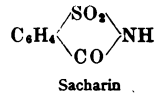
Sylvinit, → Kali.

Symbole, in vielen Wissensgebieten übliche, oft eine Beziehung zwischen Begriffen ausdrückende Zeichen, insbes. **chemische Zeichen**, international gebräuchliche Kurzzeichen für die chemischen Elemente. Als S. werden im allgemeinen der erste Buchstabe oder aber der erste und ein weiterer charakteristischer Buchstabe meist des lateinischen oder griechischen Namens der Elemente benutzt, z. B. für Kupfer (lateinisch cuprum) Cu, für Schwefel (lateinisch sulfur) S, für Eisen (lateinisch ferrum) Fe, für Silber (lateinisch argentum) Ag, für Antimon (lateinisch stibium) Sb, für Wismut (lateinisch bismutum) Bi, für Quecksilber (lateinisch hydrargyrum) Hg. Über die verschiedenen S. → chemische Elemente, Tab.

Die S. wurden 1813/14 von dem schwedischen Chemiker J. J. Berzelius eingeführt.

Symmetrie, 1) allgemein swv. Ebenmäßigkeit, Gleichförmigkeit, regelmäßige Zuordnung einzelner Teile zueinander.

2) Mathematik: die spiegelbildliche Lage zu einem Punkt, dem **Symmetriezentrum** (**Zentralsymmetrie**, **Punktsymmetrie**), oder zu einer Geraden, der **Symmetrieeachse** (**Axialsymmetrie**), oder zu einer Ebene, der **Symmetrieebene**. Zwei



Widerstandsverlauf eines Normalleiters und eines Supraleiters in Abhängigkeit von der Temperatur

Punkte sind in bezug auf einen dritten Punkt (das Symmetriezentrum) symmetrisch, wenn der dritte Punkt die Verbindungsstrecke der beiden ersten halbiert. Zwei Punkte sind symmetrisch bezüglich einer Geraden (der Symmetrieachse) bzw. einer Ebene (der Symmetrieebene), wenn die Gerade bzw. die Ebene senkrecht zur Verbindungsstrecke der beiden Punkte ist und diese halbiert. Allgemein: ein geometrisches Gebilde (Kurve, Fläche, Körper) ist symmetrisch bezüglich eines Punktes bzw. einer Geraden bzw. einer Ebene, wenn jedem Punkt des Gebildes ein anderer Punkt des Gebildes entspricht, so daß diese beiden Punkte symmetrisch sind bezüglich des Punktes bzw. der Geraden bzw. der Ebene.

Zwei ebene Figuren, die symmetrisch sind bezüglich einer Geraden, sind kongruent. Sie lassen sich jedoch im allgemeinen nicht durch Parallelverschiebung in der Ebene zur Deckung bringen, sondern nur durch Umklappen um die Symmetrieachse.

Eine Funktion von zwei oder mehr Variablen, die ungeändert bleibt, wenn man irgend zwei der Variablen vertauscht, bezeichnet man als **symmetrische Funktion**. Zum Beispiel sind $x + y + z$, $xy + xz + yz$ symmetrische Funktionen der Variablen x , y und z (man nennt sie die **elementarsymmetrischen Funktionen** von x , y und z).

Die Gruppe der Permutationen von n Elementen heißt **symmetrische Gruppe**. Ihre Ordnung, d. h. die Anzahl ihrer Elemente ist $n!$ (→ Gruppe).

Symmetrieelemente, → Kristall.

Symmetrieoperation, → Kristall.

symmetrisch, abg. *sym.*, Bezeichnung für die 1,3,5-Stellung gleicher Substituenten am Benzolring, z. B. *sym.*-Trimethylbenzol statt 1,3,5-Trimethylbenzol.

Symonsbrecher, → Flachkegelbrecher.

sympathetische Tinten, swv. → Geheimtinten.

Symplex, → Fermente.

Syndese, das Altern von Gelen unter Flüssigkeitsabgabe, wobei das Gel schrumpft, aber seine ursprüngliche Form meist beibehält. Die *S.* ist vom pH-Wert abhängig und wird durch erhöhte Temperatur gefördert.

synchron, gleichzeitig, zeitlich gleichgerichtet. Gegensatz: → asynchron.

Synchrongerät, swv. → Synchronisator.

Synchrongetriebe, → Kraftwagen.

Synchronisator, **Synchrongerät**, ein in der Film- und Fernsichttechnik verwendetes Zusatzgerät zur Erzielung der Übereinstimmung von Bild- und zugehöriger Tonaufzeichnung bei getrennter Bild- und Tonwiedergabe durch Filmprojektor und Magnetbandgerät. Der *S.* paßt die Filmtransportgeschwindigkeit der Magnetbandgeschwindigkeit entweder mechanisch-elektrisch (Interlocksystem), elektrisch oder elektronisch an. Die **mechanisch-elektrische Synchronisation** (Rotosynanlage, Interlocksystem) erfordert stets eine mechanische Verbindung zwischen Projektor, Synchronisator und Magnetbandgerät. Die **elektrische Synchronisation** (Phasenvergleichsverfahren) verwendet vorwiegend elektrische Mittel, so daß eine mechanische Verbindung der Geräte entfallen kann. Bei der **elektronischen Synchronisation** („magnetische Perforation“, → Pilottonverfahren) wird die Übereinstimmung von Bild und Ton durch Abtastung einer auf dem Magnetband parallel zur Tonaufzeichnung verlaufenden Steuerfrequenz erzielt, die der Bildfrequenz entspricht. Bei Frequenzabweichung wird die Projektorgeschwindigkeit durch eine Regelgröße korrigiert.

Synchronisierlampe, → Synchronoskop.

Synchronisierung, 1) in der Filmtechnik a) das zeitliche Zuordnen von Bild und zugehörigem Ton bei der Wiedergabe; b) das Umwandeln einer fremdsprachigen Tonaufzeichnung in eine mög-

lichst lippensynchrone Aufzeichnung in der Landessprache, → Filmtechnik; c) das nachträgliche synchrone Aufzeichnen (**Nachsynchronisieren**) von Sprache, Musik und Geräuschen zu bereits vorliegenden Bildaufzeichnungen, bei denen die gleichzeitige Tonaufzeichnung aus technischen oder künstlerischen Gründen nicht möglich war; d) die nachträgliche synchrone Bildaufzeichnung zu einer bereits vorliegenden Tonaufzeichnung, → Playback-Verfahren.

2) → Fernsehen.

3) die Angleichung der Spannung einer Synchronmaschine (→ elektrische Maschine) nach Amplitude, Frequenz und Phasenlage an die Spannung des Netzes, dem sie zugeschaltet werden soll. Die *S.* erfolgt unter Beobachtung entsprechender Meßinstrumente (→ Synchronoskop) oder mit Hilfe einer selbsttätigen Synchronisierungsvorrichtung.

Synchronisiervoltmeter, → Synchronoskop.

Synchronmaschine, eine → elektrische Maschine.

Synchronoskop, ein elektrisches Meßinstrument zur Kontrolle von Frequenz und Phasenlage zweier Wechselstromgeneratoren, die parallelgeschaltet werden sollen. In einem vom ersten Generator erregten Magnetfeld befindet sich ein vom zweiten Generator erregter Anker. Stimmen die Frequenzen nicht überein, so dreht sich der einen Zeiger tragende Anker. Bei Frequenzgleichheit bleibt der Zeiger in einer Stellung stehen, die dem verbliebenen Phasenwinkelunterschied der beiden Spannungen entspricht. Stillstand des Zeigers in der Nullstellung bedeutet Frequenz- und Phasengleichheit der erzeugten Spannungen. Weitere Synchronisierungsinstrumente sind das **Synchronisiervoltmeter** (Nullspannungsmesser) zur Anzeige der Phasengleichheit und die **Synchronisierlampen** in Dunkel- und Hellschaltung sowie der **Drehfeldanzeiger** zur Bestimmung der Phasenfolge in Drehstromnetzen. **Synchrophasotron**, → Protonensynchrotron.

Synchrotron, gemeinsame Bezeichnung für → Elektronensynchrotron und → Protonensynchrotron.

Synchrozyklotron, frequenzmoduliertes Zyklotron, in der UdSSR als **Phasotron** bezeichnet, ein Kreisbeschleuniger, der eine Weiterentwicklung des Zyklotrons darstellt. Um Teilchen mit höherer Energie zu gewinnen, als sie im klassischen Zyklotron erreichbar sind, wird beim *S.* die Betriebsfrequenz während des Beschleunigungsvorganges verringert. Man kann dadurch erreichen, daß die Beschleunigung der Teilchen jeweils beim Scheitelwert der Feldstärke stattfindet; die Zahl der Umläufe und damit die Endenergie vergrößert sich erheblich. Der Vorteil der höheren Energie bedingt jedoch, daß nur ein etwa 10^9 - bis 10^6 -fach geringerer Teilchenstrom im Vergleich zum klassischen Zyklotron mit seinem ständigen (einige 10^7 Impulse je Sekunde) Strahl beschleunigter Ionen möglich ist, da die Angleichung der Beschleunigungsfrequenz an die zunehmende Masse nicht für alle Teilchen gleichzeitig erfolgen kann. Durch Erniedrigung der Frequenz der Beschleunigungsspannung, beim *S.* im Vereinigten Institut für Kernforschungen in Dubna (UdSSR) z. B. von 25,4 auf 13,9 MHz, beim *S.* in Berkeley (USA) von 12,6 auf 9,0 MHz, wirkt sich die Synchronisation des Teilchenumlaufs mit der Hochfrequenz nur auf eine Gruppe von Teilchen aus. Nachdem die Frequenz wieder auf den Maximalwert erhöht wurde, kann die nächste Teilchengruppe beschleunigt werden. Dieser Vorgang wiederholt sich etwa 100mal je Sekunde, das *S.* arbeitet also im Impulsbetrieb. Die Modulation der Hochfrequenzspannung für die Beschleunigungselektronen erfolgt mit einem rotierenden Drehkondensator im Schwingkreis des Hochfrequenzgenerators. Der Scheitelwert der Spannung (etwa 5 kV) kann wegen der

wesentlich höheren Zahl der Umläufe (etwa 50000) kleiner sein als im Zyklotron. Die Beschleunigungszeit einer Teilchengruppe richtet sich nach der Impulsfrequenz, im oben angenommenen Beispiel also $\frac{1}{400} s$ ($= \frac{1}{4}$ Periodenlänge der Modulationsfrequenz), der Ausstoß der Teilchen erfolgt aber nur während etwa $\frac{1}{10}$ dieser Zeit. Der durchschnittliche Teilchenstrom ist infolge des Impulsbetriebes bedeutend geringer als im Zyklotron (Größenordnung einige $10^{-7} A$ Ionenstrom). An Stelle der zwei Duanten (Dees) verwendet man im S. nur eine Dee-Elektrode, die zweite Elektrode wird von den Wandungen der Hochvakuumkammer gebildet.

In dem Bestreben, die Teilchenenergien immer weiter zu steigern, wurden die Ausmaße der S.e immer größer. Große S.e befinden sich in Berkeley, Genf (CERN; Abk. für Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire 'Europäische Organisation für Kernforschung') und Dubna. Das z. Z. größte S. wurde 1967 in der UdSSR in Gatschina bei Leningrad in Betrieb genommen. Die bisher erreichte größte Energie beträgt 750 MeV.

syndiotaktisch, → Polymere.

Synklinale, → Falte.

Syncline, → Falte.

synodisch, svw. auf die Stellung von Sonne und Erde zueinander bezüglich, z. B. **synodische Umlaufzeit**, die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichen Stellungen eines Himmelskörpers relativ zu Sonne und Erde; **synodischer Monat**, → Monat.

Synoptik, die synoptische → Meteorologie.

Synproportionierung, die Reaktion, bei der eine mittlere Oxydationsstufe eines Elementes aus einer höheren und einer niederen entsteht. So bildet sich z. B. aus Kupfer(II)-chlorid bei Ge-

gentwart von Kupfer Kupfer(I)-chlorid: $Cu_2Cl_2 + Cu \rightarrow 2CuCl$. Gegensatz: → Disproportionierung.

Syntane, synthetische → Gerbstoffe.

Synthesen, eine Gruppe von → Fermenten.

Synthese, die künstliche Darstellung chemischer Verbindungen. Durch S. aus den Elementen können nur einfache anorganische Verbindungen, z. B. Metalloxide und Metallhalogenide, gewonnen werden. Die S. komplizierter chemischer Verbindungen erfolgt stufenweise aus einfacheren Verbindungen, wobei die einzelnen Zwischenstufen meist isoliert und in eine reaktionsfähige Form übergeführt werden müssen. Die im lebenden Organismus stattfindende S., insbesondere organischer Verbindungen, wird als **Biosynthese** bezeichnet. Unter **Totalsynthese** versteht man die S. von Naturstoffen aus einfachen Verbindungen im chemischen Laboratorium. Vielfach werden S.n nach ihren Entdeckern benannt, z. B. Reppe-Synthese, Fischer-Tropsch-Synthese.

Synthesegas, ein Gemisch von Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenmonoxid, wie es für großtechnische Synthesen, z. B. Ammoniaksynthese, Methanolsynthese, Fischer-Tropsch-Synthese, erforderlich ist. Je nach Brennstoff, Vergasungsmittel und Reaktionsbedingungen schwankt die Zusammensetzung der erhaltenen Gase.

Synthetasen, eine Gruppe der → Fermente.

System, früher als **Formation** bezeichnet, in der Geologie 1) die während eines längeren Zeitraumes der Erdgeschichte durch Ablagerung entstandene Schichtenfolge einschließlich der eingeschalteten Magmasteine; 2) die Periode, in der sich diese Schichtenfolge gebildet hat. Da diese Schichtenfolge durch einen bestimmten Charakter der in ihr enthaltenen Tier- und Pflanzenreste ausgezeichnet ist, bedeutet S.

3) einen Abschnitt in der Entwicklung des organischen Lebens.

Mit Hilfe der relativen geologischen Zeitrechnung erforschte man die Reihenfolge der verschiedenen S.e der Erdgeschichte und stellte eine **Systemtabelle** auf. In ihr werden mehrere S.e zu einer Systemgruppe, einem Zeitalter, zusammengefaßt, andererseits werden die S.e in Abteilungen oder Stockwerke (zeitlich Epochen), diese in Stufen (zeitlich Alter), die Stufen wiederum in Zonen, Horizonte oder Schichten (zeitlich geologische Momente oder Phasen) gegliedert.

Systemtabelle

Zeitalter (Systemgruppe)	System	Abteilung (Stockwerk, Epoche)	Beginn vor Millionen Jahren
Erdneuzeit (Känozoikum, Neozoikum)	Quartär	Holozän (Alluvium) Pleistozän (Diluvium)	70
	Tertiär	Neogen Paläogen	
Erdmittelalter (Mesozoikum)	Kreide	Oberkreide Unterkreide	135
	Jura	Malm Dogger Lias	180
	Trias	Keuper Muschelkalk Buntsandstein	220
Erdaltertum (Paläozoikum)	Perm	Zechstein Rotliegendes	270
	Karbon	Oberkarbon Unterkarbon	350
	Devon	Oberdevon Mitteldevon Unterdevon	400
	Silur	Ludlow Wenlock Valentium	430
	Ordovizium	Ashgill Caradoc Llandoilo Arenig Tremadoc	490
Erdfrühzeit (Präkambrium)	Kambrium	Oberkambrium Mittelkambrium Unterkambrium	600
	Algonkium Archaikum		≈ 1900 älteste Gesteine ≈ 3400
Erdurzeit (Azoikum)			

Systemhöhe, → Systemlinie.

Systemlinie, die Bezugslinie für die Bauhöhe (→ Maßordnung) der Konstruktionen oder für die Bauwerksbreite, -höhe und -länge. Sie deckt sich mit einer Rasterlinie (→ Raster). Man unterscheidet äußere und innere S.n, z. B. Systembreite eines Gebäudes entspricht dem Abstand der äußeren S.n. Die **Systemhöhe** ist der Abstand der obersten und untersten S. in der Höhe eines Bauwerkes.

Systemtheorie, eine Disziplin der theoretischen → Kybernetik, eine formallogisch-mathematische Disziplin, die auf alle Wissenschaften anwendbar ist, die sich mit Systemen beschäftigen. Die S. umfaßt die Gesetze der theoretischen Physik, der Demographie (Bevölkerungskunde), der Ökonomie und der Biologie. Ihre Stellung im Bereich der Wissenschaften ähnelt der Wahrscheinlichkeitstheorie, die als mathematisch formale Theorie ebenfalls auf verschiedene Gebiete, z. B. Thermodynamik, Genetik, Lebensversicherung, anwendbar ist.

Systemwechsel, bei elektrisch betriebenen Eisenbahnen der Übergang eines Triebfahrzeuges von einem → Bahnstromsystem in ein anderes. Der S. kann durch Lokomotivwechsel in einem **Systemwechselbahnhof** oder auf freier Strecke durch den Einsatz von Mehrsystemtriebfahrzeugen (→ Lokomotive) erfolgen. Die Berührungsstelle zwischen zwei Bahnstromsystemen, also die Stelle, an der der S. vor sich geht, wird als **Stoßstelle** (**Systemtrennstelle**, **Nahstelle**) bezeichnet.

SZ, Abk. für → Säurezahl.

Szilard-Chalmers-Effekt, → Radionuklide.

Szintillation, 1) Physik: die Leuchterscheinung (Lichtblitze), die bei Anregung gewisser Stoffe mit Alphastrahlen entsteht (Radiolumineszenz). Jedes auftreffende Alphateilchen erzeugt einen Lichtblitz; zum Auszählen der Lichtblitze verwendet man den → Szintillationszähler.

2) Astronomie: das Flimmern der Sterne. Es geht auf turbulente Bewegung der Atmosphäre zurück, zu der es infolge von Durchmischung verschieden temperierter und feuchter Luftmassen kommt.

Szintillationszähler, ein → Strahlungsdetektor. Die absorbierte Strahlung erzeugt in einem mit einem Reflektor umgebenen Szintillator ihrer Energie proportionale Lichtblitze (Szintillationen). Diese werden von einem Sekundärelektronenvervielfacher (SEV) in elektrische Impulse umgewandelt, deren Amplituden der Intensität der Lichtblitze proportional ist. Die Impulse werden mit einem elektrischen Impulsverstärker verstärkt. Die Impulszahl wird entweder in einem Zähler direkt gezählt, oder es wird ein Impulshöhenanalysator dazwischengeschaltet. Durch Trennung nach Impulsen gleicher Amplitude im Impulshöhenanalysator kann z. B. ermittelt werden, von welchem Radionuklid die Strahlung kommt, da die energetische Zusammensetzung der Strahlung charakteristisch für das betreffende Nuklid ist. Entsprechend dem verwendeten Szintillator kann der Szintillationsmeßkopf den verschiedenen Strahlungsarten und Meßbedingungen angepaßt werden. Als Szintillator verwendet man zum Nachweis von Gammastrahlung z. B. mit Thallium aktivierte Natriumjodidkristalle. Bei einer Dicke von 50 mm absorbieren diese etwa 70 % einer auftreffenden harten Gammastrahlung von etwa 1 MeV (Megaelektronenvolt). Häufig verwendete Szintillatoren sind weiterhin Zäsiumjodid, Zinksulfid, Naphthalin, Diphenylbenzol und Stilben. Der Nachweis von schnellen Neutronen erfolgt über den Umweg der Anregung von Rückstoßprotonen in organischen Substanzen. Langsame Neutronen können über die Kernreaktionen ${}^6\text{Li}$ (n, α) ${}^3\text{H}$ oder ${}^{10}\text{B}$ (n, α) ${}^7\text{Li}$ gemessen werden; geeignete Szintillatoren sind mit Europium aktivierte Lithiumjodidkristalle und Flüssigkeiten mit einem gewissen Borgehalt. Der S. ist ein wichtiges Instrument in der Kernforschung zur Energie-

untersuchung radioaktiver und kosmischer Strahlung und bei der Anwendung radioaktiver Stoffe in Medizin, Biologie, Chemie, Geologie und Technik. Anderen Strahlungsdetektoren ist er unter anderem durch sein höheres Ansprechvermögen für harte Gammastrahlung und sein besseres zeitliches Auflösungsvermögen (bis zu 10^{-9} s) überlegen; nachteilig wirkt sich dagegen z. B. bei technischen Anwendungen seine größere Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen, Schwankungen der Temperatur und der Versorgungsspannung u. dgl. aus.

t, 1) Kurzz. für → Tonne. 2) Kurzz. für → ton.

3) Symbol für Triton, → Tritium.

T, 1) Kurzz. für → Tesla. 2) Kurzz. für → Tera.

3) Symbol für → Tritium.

Ta, Symbol für → Tantal.

Tablettieren, → Stückigmachen.

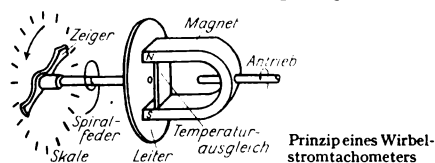
Tabulator, Einrichtung an der → Schreibmaschine.

Tabun, ein → Nervengift.

TACAN, ein System zur → Funkortung.

Tachograph, swv. → Fahrtsschreiber.

Tachometer, **Geschwindigkeitsmesser**, ein Gerät zum Messen von Drehzahlen und Geschwindigkeiten. Die Drehzahl einer Welle, eines Rades u. a. wird mechanisch auf ein Anzeigergerät übertragen, dessen Skale in Umin^{-1} oder in km h^{-1} geeicht ist. Beim **Fliehkrafttachometer** (**Fliehpendeltachometer**) wird durch Drehung einer Welle ein Schwungring (Pendelring) in Umdrehung versetzt. Infolge der Fliehkraft spreizt er sich gegen eine Federkraft von der Welle ab und bewegt dadurch über ein Gestänge (Hebelarm) den Zeiger. Beim **Wirbelstromtachometer** wird ein Dauermagnet in eine bestimmte Lage zu einem elektrischen Leiter, z. B. Scheibe, Trommel, Glocke, gedreht. Es entstehen elektrische Wirbelströme, die den Leiter entgegen einer Federkraft um einen gewissen Betrag verdrehen. Die Stärke der Wirbelströme und damit auch das Maß der Verdrehung hängt von der

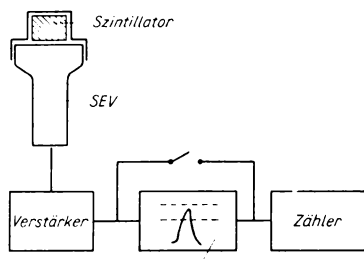


Prinzip eines Wirbelstromtachometers

Drehzahl ab. Beim elektrischen **Ferndrehzahlmesser** wird die der Drehzahl proportionale Strom- oder Spannungsabgabe eines mit der Antriebswelle gekuppelten kleinen Generators (Tachodynamo) über eine elektrische Leitung einem Drehpulsinstrument zugeführt.

T. werden als Geschwindigkeitsmesser in Fahrzeugen, als stationäre T. an Maschinen und als Handtachometer für Messung von Drehzahlen von Motoren und Wellen verwendet. Die bei Fahrzeugen üblichen T. sind meist mit einem Summenzählwerk (Kilometerzähler) und oft auch mit Kontrollampen kombiniert.

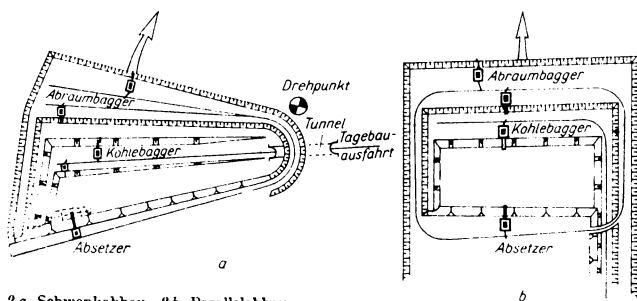
Tachymetrie, ein geodätisches Meßverfahren, bei dem in einem Arbeitsgang die Lage und Höhe von Punkten bestimmt wird. Zur T. werden ein Tachymetertheodolit (→ Theodolit) oder ein → Meßtisch mit → Kippregel benötigt. Bei Benutzung eines Theodolits spricht man von **Zahlentachymetrie**, wenn im Gelände während der Vermessungsarbeiten nur Messungszahlen



Schema eines Szintillationszählers

durch Abteufen von Schächten, von denen aus Entwässerungsstrecken vorgetrieben werden. Von über Tage aus treibt man Bohrlöcher bis in diese Strecken und bringt in ihnen Fallfilter (durchlöchernde Rohre) zum Lösen (Abziehen) der zusetzenden Wasser an. Auch von den Strecken aus werden oft Filter in die Kohle getrieben (Steckfilter). Das sich aus den Filtern in den Entwässerungsstrecken sammelnde Wasser fließt dem Schacht oder einem Sumpf im ausgekohlten Teil des T.s zu und wird von hier nach über Tage gepumpt. Da den meisten T.en ständig Wasser zufließen (bis zu 200 m³/min), muß die Entwässerung während der gesamten Zeit des Abbaus aufrechterhalten werden. Bis zur Freilegung der Lagerstätte und dem Beginn der Gewinnung wird der anfallende Abraum auf *Hochhalden* oder in benachbarten T.en verkippt. Sobald ein Teil des T.s ausgekohlt, also abgebaut ist, werden die Abraummassen in diesen leeren Raum verkippt; man spricht dann von *Innenkippe* (innerhalb des T.s). Das Verkippen kann in Tief- oder Hochschüttung, bezogen auf die jeweilige Arbeitsebene, erfolgen.

2) Gewinnung. Man unterscheidet Parallel- und Schwenkabbau (Abb. 2). Beim *Parallelabbau* verschieben sich die bagger- und kippenseitigen Böschungskanten mit dem Abbaufortschritt parallel zueinander, so daß der T. stets rechteckig ist. Beim *Schwenkabbau* schwenken die Kanten um einen nur geringfügig wandernden Punkt, so daß der T. immer Dreiecksform hat. In den Deckgebirgsschichten und Flözen werden Arbeitsebenen (Baggerstrossen) angelegt, von denen aus das anstehende Gebirge im *Hochschnitt* mit nach oben arbeitenden Baggern oder im *Tiefschnitt* mit nach unten arbeitenden Baggern abgetragen wird. Löffelbagger benutzt man in den T.en der DDR vor allem für Hilfs- und Nebenarbeiten (Herstellen von Rampen, Ziehen von Entwässerungsgräben). Für die Kohlegewinnung setzt man neuerdings bevorzugt Schaufelrad- und Eimerkettenbagger auf Raupen ein.



2a Schwenkabbau, 2b Parallelabbau

3) Förderung und Verkipfung. Der Abraum wird entweder mit einer → Abraumförderbrücke abgefördert oder in Züge verladen und um den T. herum auf die Kippenseite befördert. Auf dieser Seite sind – den Baggerstrossen auf der Gewinnungsseite entsprechend – ebenfalls Arbeitsebenen angelegt, von denen aus der Abraum verkippt wird. Die mit Förderwagen herangebrachten Abraummassen werden entweder mit einem Abraumpflug über die Kante der Kippenböschung gepflügt (*Pflugkippe*) oder mit Hilfe eines → Absetzers verstürzt (*Absetzerkippe*). Der Abraumpflug (Kippenräumer, Kippenpflug) ist ein selbstständiges oder als Anhängengerät ausgebildetes Fahrzeug mit Pflugscharen an Stirn und Seiten. Mitunter befestigt man die Pflugschare auch an einer → Gleisrückmaschine und spricht dann von einem Pflügrücker. Weitere Möglichkeiten zum Verstürzen und Einebnen des

Abraums waren früher die Handarbeit (*Handkippe*) oder das Einspülen in den T. (*Spülkippe*); für die Herstellung eines Feinplanums setzt man meist Planierraupen ein.

Die gewonnene Kohle wird von den Baggern in Förderwagen geladen. Die Zufahrt und -abfahrt von und nach den Verarbeitungsanlagen über Tage erfolgt über geneigte Fahrbahnen. Neu aufgeschlossene Braunkohlentagebaue werden mitunter gänzlich oder z.T. für Bandförderer eingerichtet; sowohl die Kohle als auch ein Teil des Abraums werden unmittelbar von den Baggern auf 1,2 bis 2,5 m breite Förderbänder gegeben, die die Kohle dem Verarbeitungsbetrieb und den Abraum der Kippe zuführen.

Außer Braunkohle werden im T. oder in kombiniertem Untertage-Tagebau vor allem Erze, z. B. Kupfererze, Eisenerz, aber auch Steinkohle gewonnen. Man wendet dabei häufig den *Streifenbau* an, bei dem das Mineral streifenweise abgebaut und der Abraum von Geräten mit langem Ausleger, z. B. Schürfkübelbaggern, unmittelbar in die leergeförderten Streifen verstürzt wird.

Lit. Gold: Der Aufschluß von Braunkohlentagebauen (Halle 1952); Härtig: Wesen und Bedeutung des T.es, sein Stand und seine Entwicklung (Berlin 1963); Härtig u. Ciesliski: Grundlagen für die Berechnung von Braunkohlentagebauen (Leipzig 1966); Kegel: Lehrb. des Braunkohlentagebaues (Halle 1953); Meischner u. Ringling: Handb. moderner Tagebauausrüstungen (Halle 1957); Bilkenroth: Probleme der Mehrflöztagebaue (Leipzig 1963); Messenbrink u. Todt: Tagebautechnik (Leipzig 1962); Taschenb. für den Bergmann, Bd 4: T. (Leipzig 1964).

Tageslichtleuchtfarben, fluoreszierende Anstrichstoffe, die sich durch besonders hohe Leuchtkraft auszeichnen. Sie sind für das Gebiet der Gefahrenkennzeichnung und der Werbung von Bedeutung, da sie die einzigen Farben sind, die auch in der Entfernung noch als bunte Farbe und nicht als Grau erscheinen. Die T. setzen sich aus transparenten, fluoreszierenden Pigmenten zusammen, die in einem optisch leeren Bindemittel gelagert sind.

Optimale Leuchtdichten zeigen T. beim Aufstreichen auf weiße, diffus reflektierende Untergründe, da die weiße Farbe ein Minimum an Licht absorbiert. Bei sehr starker Sonnenbestrahlung verlieren die T. an Fluoreszenzkraft, was sich in einem Aufhellen des Farbtones und im Verlust der Leuchtkraft äußert. Zur Verlängerung der Fluoreszenz wird der fluoreszierende Anstrich zusätzlich mit einem optisch leeren Lack überzogen, der substituiertes Benzophenon (UV-Absorber) enthält. Der Lack soll die Absorption der energiereichsten Strahlen des UV-Bereiches bewirken.

Tagestone, fälschlich für Tonne/Tag, → Tonne.

Tagkreis, der von einem Himmelskörper in 24 Stunden scheinbar beschriebene Kreis. Über dem Horizont läuft der *Tagbogen*, unter dem Horizont der *Nachtbogen* ab.

Tagundnachtgleiche, swv. → Äquinoktium.

Taifun, ein → Wirbelsturm.

Takt, swv. → Hub.

Taktstraße, → Fließfertigung.

Taktzeit, das Zeitmaß für den örtlichen Fortschritt in der → Fließfertigung. Die T. ist für alle Arbeitsplätze (auch Stationen genannt) einer Fließstraße gleich lang. Die Erfüllung dieser Bedingung erfordert eine Zerlegung des Arbeitsumfanges derart, daß jedem Arbeitsplatz eine Fertigungsaufgabe zugewiesen wird, die in der T. bewältigt werden kann.

Tal, durch Erosion geschaffene Hohlform der Erdoberfläche, die im allg. von einem Fluß durchflossen wird. Nach der Gestalt des Talquerschnittes kann man unterscheiden: *Schluchten* (*Klammern*, *Gründe*) und *Cañons* mit steilen bis senkrechten, eng zusammenstehenden Wänden, *Kerbtäler* mit V-förmigem Querschnitt,

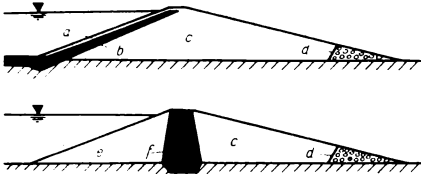
Sohlen- oder Kastentäler mit flachem Talboden und deutlich abgesetzten Talhängen, **Muldentäler** mit allmählich in eine breite Sohle übergehenden flachen Hängen und **Trogtäler** mit U-förmigem Querschnitt, die durch die abschleifende Tätigkeit der Gletscher verbreitert und vertieft sind. Die **Talbildung** erfolgt durch die ausführende Tätigkeit des fließenden Wassers, die Erosion, in Zusammenarbeit mit der Verwitterung und der Abtragung. Folgt die Erosion vorgezeichneten tektonischen Linien (Verwerfungen, Klüften, Spalten), so spricht man auch von **tektonischen Tälern**. Eine **Talung** ist eine talähnliche Senke, die jedoch keine einheitliche Entwässerung durch einen Fluß aufweist.

Talje, ein leichter Flaschenzug mit einer losen und einer festen Rolle (Block). Eine **Patenttalje** ist ein Differentialflaschenzug (\rightarrow Flaschenzug). **Talk**, ein Mineral, $Mg_3(OH)_2(Si_4O_{10})$; monoklin, blättrig, schuppig, grün bis weiß, in dichten Massen weiß bis bräunlich als **Steatit** (**Speckstein**), stark verunreinigt mit dunkelgrünem, eisenreichem Chlorit als **Topfstein** bezeichnet; fettig anzufühlen, Härte nach Mohs 1, D. $2,7 \text{ g cm}^{-3}$. T. kommt als hydrothermales Zersetzungserzeugnis magnesiumreicher ultrabasischer Gesteine in kristallinen Schiefen vor. Die Verwendung von T. ist sehr vielseitig, z. B. als Schmier-, Füll- und Poliermittel in der Papier-, Textil-, Gummi- und Farbenindustrie, als Streupuder in der pharmazeutischen Industrie und Kosmetik, auf Grund seiner guten Hitzebeständigkeit und Isolationseigenschaften in der Keramik und als Hochfrequenzisolierstoff.

Talmi, \rightarrow Tombak.

Talsperre, eine feste Stauanlage, die über den Querschnitt des Wasserlaufes hinaus die ganze Talbreite abschließt und einen Stauraum erzeugt, der als Speicher verwendet wird (nach TGL 019700). Hauptzweck der T. ist die Wasserspeicherung, die die unregelmäßige Wasserführung ausgleicht (Hochwasserschutz) und gleichzeitig das Wasser dem Menschen nutzbar macht: Krafterzeugung, Speisung von Kanälen, Erhöhung des Niedrigwassers zur Verbesserung der Schifffahrt, Versorgung mit Trink- und Brauchwasser, Bewässerung.

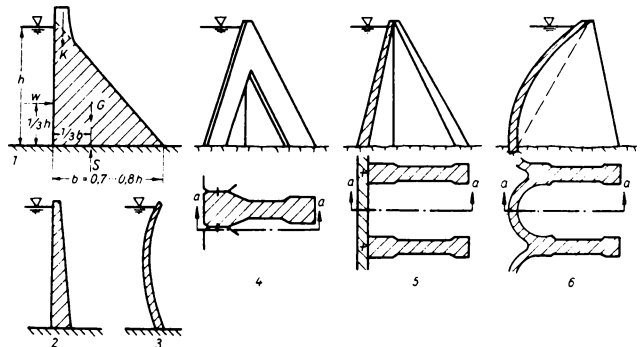
Ausführung. Je nach der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes und der Talhänge der gewählten Sperrstelle wird die T. als Staudamm oder Staumauer gebaut. Beim **Staudamm** verwendet man als Baumaterial steinige oder erdige Massen, die geschüttet, gespült (\rightarrow Spülverfahren) oder gesetzt werden (Steinsetzdamm).



1 Staudammformen: oben Staudamm mit wasserseitiger Dichtung aus Lehm oder Ton mit Beckendichtungsanschluß; unten Staudamm mit Kerndichtung aus Lehm oder Ton. a Steinwurf, b Dichtungsschicht, c Stützkörper, d Dränage (grobste Steinmaterial), e wenig bindige Massen, f Kerndichtung

Die Dichtung der Staudämme erfolgt als **Kerndichtung** (Lehm, Ton, Stahlbeton- oder Stahlwand) oder als **Oberflächendichtung** (Dichtungsschürze aus Lehm oder Ton, Asphalt [Bitumen] oder Kunststoff, die noch durch eine Schutzschicht aus Steinwurf abgedeckt werden muß, oder bituminöse Dichtungsdecke). **Staumauern** bestehen aus Bruchsteinmauerwerk, Beton oder Stahlbeton. Sie können in verschiedener Bauweise errichtet werden. **Gewichtstaumauern**

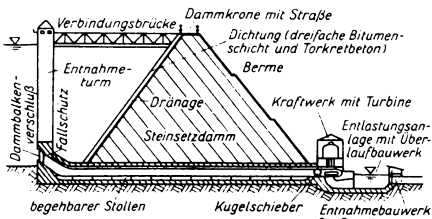
sind so bemessen, daß sie allein durch ihr Gewicht dem Wasserdruck widerstehen, ohne zu kippen oder zu gleiten. Sie übertragen den Wasserdruck unmittelbar und ausschließlich in den Untergrund. **Bogengewichtstaumauern** sind gekrümmte Gewichtstaumauern, bei denen die Bogenwirkung bei der Bemessung berücksichtigt wurde. Bei **Bogenstaumauern** tritt die Stützmauerwirkung hinter der Bogenwirkung zurück, so daß die Talhänge die größere Beanspruchung erhalten. Besonders geringe Mauerstärken erfordern die **Schalenstaumauern** und die **Kuppelstaumauern**. Die **Pfeilerstaumauern** haben als stützendes Element Pfeiler. Bei der **Pfeilerkopfstaumauer** erhält man die Stauwand dadurch, daß man den Pfeilern an der Wasserseite eine kopf ähnliche Verbreiterung gibt. Das gleiche gilt für die **Hohlpfeilerstaumauer**, nur weisen hier die Pfeiler einen Hohlraum auf. Bei der **Pfeilerplattenstaumauer** wird die Stauwand durch Platten gebildet, die sich auf die dahinterstehenden Pfeiler abstützen. Bei der **Pfeilergewölbestaumauer** wird die Stauwand durch Gewölbe gebildet, die einfach gekrümmt sind; bei der **Pfeilerkuppelstaumauer** sind die Gewölbe noch in einer zweiten Richtung gekrümmt.



2 Staumauerformen: 1 Gewichtstaumauer (Querschnitt). Die schraffierte Fläche kennzeichnet das Grunddreieck, das bei der Mauerberechnung zugrunde gelegt wird. W Resultierende aus Wasserdruck (greift in $1/3$ der Wasserschichtstärke h an), K Kronenaufstoss, G Gewicht der Staumauer (greift im Schwerpunkt der Staumauer an), S Sohlenwasserdruck (greift in $1/3$ der Sohlenbreite b an), falls die Sohlenwasserdruckfigur ein Dreieck darstellt. 2 Bogenstaumauer (Querschnitt). 3 Kuppelstaumauer (Querschnitt). 4 Pfeilerkopfstaumauer, 5 Pfeilerplattenstaumauer, 6 Pfeilerkuppelstaumauer (oben Querschnitt a-a, unten Grundriß, Schnitt in der Gründungssohle geführt)

Je nach Verwendungszweck der T. sind besondere Betriebseinrichtungen erforderlich.

1) Die Wasserentnahme für Kraftwerke erfolgt entweder durch seitlich abzweigende Stollen oder durch Rohrleitungen, die unmittelbar in der Staumauer verlegt sind. Für die Wasserversorgung sind dafür besonders eingerichtete Entnahmetürme vorgesehen, die eine Wasserentnahme aus verschiedenen Tiefen gestatten. Durch Schütze, Klappen, Ringkolben- oder Kugelschieber werden die Entnahmeanlagen geregelt. Bei Dämmen werden die Entnahmeanlagen möglichst nicht durch den Damm hindurchgeführt, son-



3 Querschnitt durch einen Staudamm (Steinsetzdamm) und Kraftwerkseinrichtungen

Talsperre

Name	Staat	Fluß	Speicher- nutz- inhalt (Mill. m ³)	Höhe über Grün- dung (m)	Kronen- länge (m)	Art*)	Inbe- trieb- nahme bzw. Fertig- stellung	Zweck**)
Bleiloch Hohenwarte Rappbode Wendefurt	DDR	Saale	215	76	205	G	1932	S K(P) H A
		Saale	182	75	412	G	1939	S K(P) H A
		Rappbode	108,5	106	413,5	G	1958	T H K
		Bode	98	43	250	G	1965	H Aus- gleichbek- ken A (P)
Pöhl		Trieb	60	57	312	G	1964	H B
Sprenberg	Sosa (zum Ver- Cranzahl gleich)	Spree	41	12	3700	D	1962	A H K W
		Kleine Bockau	6,3	58	200	G	1952	T H
		Lampertsbach	3,1	36	420	D	1952	T H
Orlik	ČSSR	Moldau	410	91,5	430	G	1962	K H
Stejaru	Rumänien	Bistritza	1200	127		G	1960	K
Grande Dixence	Schweiz	Oberes Héré- mence-Tal	400	284	700	G	1964	K H
Sariyae	Türkei	Sakarya	1900	107,6	250	G	1956	K H T
Bratsk	UdSSR	Angara	179000	125	1450	G	1965	K H
Kuibyschew		Wolga	52300	32	5500	D	1957	S K B
Wolgograd		Wolga	50000	38	4500	D	1958	S K B
Krasnojarsk		Jenissei	73000	119	1150	Pf	1969	K H
Zimljanskaja		Don	24000	41		G	1952	K
Kachowka		Dnepr	19000	25	4000	D	1956	S K B
Mingetschaur		Kura	16000	87	1500	D	1954	
Nurek (im Bau)		Wachsch	10500	317	760	D	im Bau	K H
Schwammenauel	WD	Rur	205	72	480	D	1938 bzw. 1959	T H K A
Eder		Eder	202	50	407	G	1914	S K H A
Roßhaupten		Lech	135	41	280	D	1954	K H A
Möhne		Möhne	134	40,3	640	G	1912	T K H A
Schluchsee		Schluchsee	108	65,5	250	G	1932	K H A
Ssanmön	China	Hwangho	64839	110	839	D	1963	H K B
Rihand	Indien	Rihand	10600	82,6	992	G	1962	K H
Bakra		Sutlej	9120	225	520	D	1956	K B
Hirakud		Mahanadi	8150	55	4700	G und G	1963	H K A
Kurobe	Japan		150	187	370	K	im Bau	K H
Yalu	KVDR (Nordkorea)	Yalu	7300	94				K
Akosombo	Ghana	Volta River	145000	114	660	.	1966	K H B T
Kariba	Rhodesien und Sambia	Sambesi	185000	124	585	B	1962	H K
Owens-Falls	Uganda	Viktoria-Nil	6800	30	750	.	1956	A H K
Assuan I	VAR	Nil	4585	45	1950	G	1902	K B
Assuan II (Sadd al-Ali)		Nil	164300	111	3820	D	1968	K B
Falcon	Mexiko	Río Bravo del Norte	4071	46	8014	D	1953	K
Gatun	Panama	Panamakanal	5420	35	2350	D	1912	
Oahe	USA		26890	74	2835	D	1956	.
Fort Peck		Missouri River	23951	82	6409	D	1939	.
Garrison			22320	64	3658	D	1955	K
Hoover (Boulder)		Colorado River	18500	222	390	G	1936	H A K B
Grand Coulee (Roosevelt Lake)		Columbia River	11850	167	1270	G	1943	K H B
Kentucky		Tennessee River	7380	63	2570	D	1944	K H
Lake Texoma		Red River	7170	50	4270	D	1943	K H

*) B = Bogenstaumauer, D = Staudamm, G = Gewichtsstaumauer, K = Kuppelstaumauer, Pf = Pfeilerstaumauer.
 **) A = Niedrigwasseraufhöhung, B = Bewässerung, H = Hochwasserschutz, K = Kräfteerzeugung, (P) = Pumpspeicherung, S = Zuschußwasser für die Schifffahrt, T = Trinkwasserversorgung, W = Brauchwasser

dern meist seitlich an den Hängen untergebracht. Ist das nicht möglich, werden die Entnahmeeinrichtungen in Stollen frei verlegt, so daß sie zu jeder Zeit kontrollierbar sind. 2) Einrichtungen zur Hochwasserentlastung: Zur Abführung der das Fassungsvermögen der T. übersteigenden Hochwassermengen wird bei Staudämmen entweder ein Teil der Mauerkrone als Überfall ausgebildet, oder es ist, besonders bei Staudämmen, eine Hangentlastung in Form eines Überfalls mit einer anschließenden Kaskade oder Schußrinne vorgesehen. 3) Der → Grundablaß wird zur völligen Entleerung des Staubeckens verwendet. Oft wird er auch zur Hochwasserentlastung herangezogen. 4) Energieumwandlung: Um Zerstörungen zu vermeiden, muß die Energie des herabstürzenden oder ausströmenden Wassers in gut befestigten → Tosbecken umgewandelt werden. Während der Bauzeit, insbesondere aber nach der Fertigstellung muß das Bauwerk mit Hilfe von Meß- und Überwachungseinrichtungen genauestens beobachtet werden. Bei Staudämmen werden besonders Setzungen und horizontale Verschiebungen, Sickerwassermengen und der Druck im Damminnen gemessen, bei Stauauern außerdem Temperatur, Dehnung, Sohlenwasserdruck und Porenwasserdruck im Inneren der T.

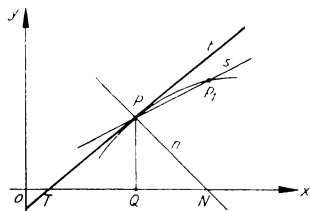
Über die wichtigsten T.n vgl. Tab. S. 1038.

Lit. Kargow: Staudämme (dtsh Berlin 1953); Press: Stauanlagen und Wasserkraftwerke, Tl 3 (Berlin 1953); Mallet und Pacquant: Erdstaudämme (dtsh Berlin 1954); Ingenieur-Taschenb. Bauwesen, Bd III Boden-Wasser-Verkehr (Leipzig 1965); Probleme im Talsperrenbau (Leipzig 1964); Ztschr.: Wasserwirtschaft – Wassertechnik (Berlin).

TAN, → Arbeitsnorm.

Tangens, eine → Winkelfunktion.

Tangente, eine Gerade, die eine Kurve oder Fläche in einem ihrer Punkte berührt. Die T. an eine Kurve in einem Kurvenpunkt P ist definiert als die Grenzlage der Sekante durch P und einen weiteren Kurvenpunkt P_1 , die sich ergibt, wenn P_1 gegen P strebt. Der Punkt P heißt *Berührungspunkt*. Liegt die Kurve in einer Ebene eines rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystems und ist T der Schnittpunkt der T. mit der x -Achse, so bezeichnet man die Strecke \overline{TP} als Länge der T. im Punkt P . Die in P senkrecht auf der T. stehende Gerade heißt *Normale* in P , die Strecke \overline{PN} (N Schnittpunkt der Normalen mit der x -Achse) die Länge der Normalen in P . Die von T und Normale auf der x -Achse abgeschnittenen Projektionen \overline{QT} und \overline{QN} bezeichnet man als *Subtangente* und *Subnormale*.



Die **Tangentialebene** an eine (gekrümmte) Fläche in einem Punkt P der Fläche ist diejenige Ebene, in der alle T.n an die Fläche im Punkt P liegen. Sie berührt die Fläche im Punkt P .

Tangentenbussole, ein Meßinstrument zur Messung der Horizontalintensität der magnetischen Erdfeldstärke. Eine Magnetnadel mit horizontaler Schwingungsebene ist im Mittelpunkt einer flachen Spule gelagert, deren Ebene senkrecht zur Nadelebene steht und zum Messen in die magnetische Nord-Süd-Richtung gestellt

wird. Bei Stromdurchfluß durch die Spule entsteht senkrecht zum Erdfeld ein Hilfsfeld, das die Magnetnadel in Richtung der Resultierenden ablenkt. Bei einer Auslenkung um 45° sind Erd- und Hilfsfeldstärke gleich. Bei bekannter Stromstärke läßt sich somit die Horizontalintensität des Erdfeldes berechnen.

Tankschiff (Tafel 12), **Tanker**, abg. T, ein Schiff, das für den Wassertransport von Erdöl, Erdölzerzeugnissen und Flüssiggas, seltener Süßöl, Chemikalien, Melasse, Wein, Milch u. a. eingerichtet ist. T.e werden durch Dieselmotoren (**Motortanker**, abg. MT) oder Dampfturbinen (**Turbinentanker**, abg. TT) angetrieben. Der Schiffskörper ist durch Längs- und Querschotte in Ladetanks unterteilt, die bei zähem Transportgut (z. B. Bitumen) beheizt werden. Die in den letzten Jahren in großer Zahl gebauten **Flüssiggas-T.** haben liegende oder stehende, z. T. über das Oberdeck hinausragende zylindrische, seltener eckige oder kugelförmige Tanks; in ihnen werden verflüssigte Gase je nach ihrer Art bei Überdruck und normaler Temperatur, bei Normaldruck und starker Unterkühlung oder bei Überdruck und Kühlung gefahren. T.e sind die größten Frachtschiffe; 1967 gab es bereits etwa 60 Schiffe mit mehr als 100 000 t, einige sogar mit mehr als 200 000 t Tragfähigkeit. Die Welt-tankschifflotte wächst ständig; sie betrug bereits 1966 35,2 % der Welthandelsflotte.

Tankstelle, eine Anlage zur Versorgung von Kraftfahrzeugen mit Kraftstoff, Öl, Kühlwasser, Reifenluft usw., vielfach auch zur Pflege und Wartung von Kraftfahrzeugen. Der Kraftstoff befindet sich in unterirdischen Lagerbehältern mit mindestens 1 m Erdbdeckung. In den Behälter münden eine Füll-, Saug-, Peil-, Wasserzapf- und eine Entlüftungsleitung, die mit Sicherheitseinrichtungen versehen sind, um das Hineinschlagen von Flammen und Explosionen zu verhindern. Der Kraftstoff wird mittels einer elektrisch angetriebenen Pumpe in der Zapfsäule, bei älteren Säulen mittels Handpumpe, in die über dem Lagerbehälter befindliche Zapfsäule gefördert und fließt dort über Rückschlagventil, Filter, Pumpe, Gasabscheider, Meßaggregat und Gasanzeiger zum Zapfschlauch mit Zapfpistole. Moderne Zapfsäulen sind mit Rechenwerken versehen, mit denen der Preis für die gezapfte Menge und die Menge selbst angezeigt werden. Zapfsäulen mit Doppelrechenwerken dienen zur Abgabe von Benzin-Öl-Gemischen. Hierbei wird auch noch der anteilige Ölpreis mit verrechnet. Zapfsäulen mit Rollenzählwerken zeigen nur die gezapfte Litermenge an. Die Leistung von Zapfsäulen für PKW und Kräder beträgt maximal 50 l/min, von Hochleistungszapfsäulen für Großraumfahrzeuge (LKW, Autobusse usw.) 160 l/min.

Tankstellen und damit alle Ausrüstungen sind explosionsgeschützte Anlagen.

Tanninsäure, **Tannin**, **Gallusgerbsäure**, chemisch Pentadialloylglukose, ein gelblichweißes Pulver von herbem Geschmack. T. wirkt gerbend und adstringierend. Sie kommt in den Rinden und Früchten verschiedener Pflanzen vor, besonders in den Pflanzengallen chinesischer, japanischer und türkischer Sumacharten. Verwendet wird T. als pflanzliches Gerbmittel, als Beizmittel in der Färberei, als Klärmittel für Biere und Weine sowie in der Medizin, z. B. als Mittel gegen Durchfallerkrankungen.

Tantal, Symbol Ta, chemisches Element aus der V. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall; Ordnungszahl 73, Massenzahlen der Isotope 181 und 180; das Isotop 186 ist radioaktiv, Halbwertszeit $\approx 2,0 \cdot 10^{13}$ Jahre, Atomgewicht 180,948 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist V, auch II, III, IV, D. 16,69 g cm $^{-3}$, F. $\approx 2996^\circ\text{C}$, Kp. 6100°C ; 1802 von Ekeberg entdeckt. T. ist grau, glänzend und sehr hart,

aber auch äußerst dehnbar, so daß es sich zu dünnen Fäden ausziehen läßt. In einem Gemisch von konzentrierter Salpeter- und Flußsäure löst es sich gut. In feinverteilter Zustand verbrennt es beim Erhitzen an der Luft. In der Natur kommt es — stets gemeinsam mit Niob — nur in gebundenem Zustand vor. Das wichtigste Erz ist der Kolumbit, der bei überwiegendem Tantalgehalt als Tantalit bezeichnet wird. Elementares T. gewinnt man aus dem bei der Trennung von T. und Niob anfallenden Kaliumfluorotantalat $K_2[TaF_7]$ mit einem Zusatz von Tantal(V)-oxid Ta_2O_5 durch Schmelzflußelektrolyse oder durch thermische Reduktion mittels Natriums. Das jeweils pulverförmig anfallende T. wird durch Schmelzen im Elektronenstrahl- oder Hochvakuumlichtbogenofen oder auch pulvermetallurgisch durch Pressen und anschließendes Sintern im Hochvakuum in die kompakte Form übergeführt. T. wird zur Herstellung von chemischen Apparaten für Labor und Industrie, von Tantalgleichrichtern und -kondensatoren, von chirurgischen Hilfsmitteln (z. B. Klammern) u. a. verwendet. Rostfreien Stählen und Sonderstählen setzt man es als Legierungsbestandteil zu.

Eine wichtige Verbindung ist das Tantalkarbid TaC. Es bildet bräunliche Kristalle (F. 3880 °C) und dient zur Herstellung von Hartmetall.

Tantalit, → Kolumbit.

Target [englisch, 'Zielscheibe'], ein Körper, der der Einwirkung von Strahlung ausgesetzt wird, um in ihm Kernreaktionen, Streuungen u. a. auszulösen.

Tartrate, Salze und Ester der → Weinsäure.

Tartrazin, Hydrazingelb O, ein goldgelber, in Wasser leicht löslicher Azofarbstoff. Das T. dient zum Färben von tierischen Fasern, Leder und Papier, als Lebensmittelfarbstoff und zur Herstellung von Lichtfiltern und orthochromatischem Aufnahmемaterial.

Taschenbandelevators, svw. → Gurttaschenförderer.

Taschenlampe, eine flache oder stabförmige elektrische Handleuchte, die mit einer Trockenbatterie, einem Trockenakkumulator oder einem Kleindynamo als Stromquelle ausgerüstet ist. Die **Trockenbatterie** muß nach Verbrauch ausgewechselt werden. Der fest in die T. eingebaute **Trockenakkumulator** (meist ein Eisen-Nickel-Element) kann über ebenfalls fest eingebaute Gleichrichter aus dem Wechselstromlichtnetz aufgeladen werden. Der **Kleindynamo** wird mit der Hand über einen Hebel mit Zahnung, der aus dem Lampengehäuse herausfedert, und über ein Zahnrad mit Schwungrad angetrieben.

Tastomat, ein Perforator zur Herstellung von Lochstreifen für den Lobatron-Setautomaten, → Setzen.

Tatschnittgerät, ein Oberflächenmeßgerät, → Oberfläche, → Profiltastschnittgerät.

Tato, fälschlich für Tonne/Tag, → Tonne.

Tatzlagermotor, **Tatzenlagermotor**, ein besonders gelagerter Elektromotor zum Antrieb von Lokomotiven und Triebwagen. Der T. ist an einer Seite federnd im Fahrzeugrahmen aufgehängt und stützt sich an der anderen Seite ungefedert über zwei Tatzlager auf die Treibachse ab. Die Tatzlager umschließen die Treibachse wie Tatzen. Dadurch ist der Abstand zwischen Treibachse und Ankerwelle des Motors auch bei Federspiel der Treibachse stets konstant, so daß beide Wellen durch ein Zahnradgetriebe gekuppelt werden können. Der T. hat den Nachteil, daß er infolge seiner besonderen Lagerung während der Fahrt starken Erschütterungen ausgesetzt ist und sich somit nur für niedrige Fahrgeschwindigkeiten (etwa bis 100 km/h) eignet.

Tau, 1) ein dickes, aus meist geteerten Hanfgarnen bestehendes Seil, → Seilerei.

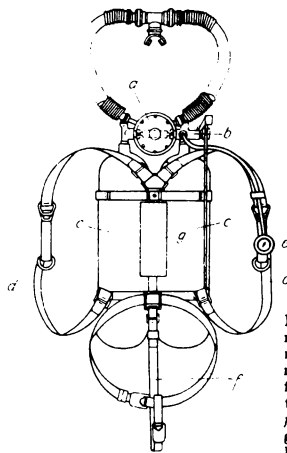
2) eine Form der → Hydrometeore.

taubes Gestein, ein Gestein, das keine nutzbaren Minerale enthält.

Tauchergeräte, Atemschutzgeräte, die ein längeres Verweilen unter Wasser ermöglichen. T. werden unter anderem in der Schifffahrt bei Havarien und Schiffsbodenuntersuchungen, bei Arbeiten im Hafen, im Wasserstraßenbau, im Wasserrettungsdienst, bei archäologischen und ozeanologischen Forschungen, im militärischen Einsatz sowie beim Sporttauchen eingesetzt.

Die einfachste Ausrüstung zum Tauchen (**ABC-Geräte**) umfaßt Tauchermaske, Schnorchel und Schwimmflossen. Die **Tauchermaske** schützt die Augen des Tauchers vor dem Wasser, sie ermöglicht ein klares Sehen unter Wasser. Der **Schnorchel**, ein etwa 30 cm langes Rohr mit Mundstück, ermöglicht es dem Taucher, seinen Kopf zum Beobachten ständig unter Wasser zu halten. **Schwimmflossen** erhöhen durch die vergrößerte Fußfläche (Schwimmflossenblatt) die Schwimmgeschwindigkeit.

Drucklufttauchergeräte (**Preßluft-, Behältertauchergeräte**) ähneln in Aufbau und Wirkungsweise den Behältergeräten, → Atemschutzgeräte. Die Tauchzeit beträgt je nach Gerät 1 bis 3 Stunden in Nähe der Wasseroberfläche. Mit Drucklufttauchergeräten kann bis 40 m getaucht werden, ohne daß eine Stickstoff- oder Sauerstoffvergiftung eintritt. Soll tiefer getaucht werden, ist der Stickstoffanteil an der Atemluft teilweise oder ganz durch Helium oder Wasserstoff zu ersetzen. Mit solchen **Tieftauchergeräten** wurden schon Tiefen über 100 m erreicht.



Drucklufttauchergerät. a Lungenautomat, b Reserveeinrichtung, c Stahlflaschen, d Traggurte, e Druckmesser, f Leib- und Schrittgurt, g Schwimmkörper

Kreislauftauchergeräte arbeiten ähnlich wie Regenerationsgeräte, → Atemschutzgeräte. Sie haben den Vorteil einer verhältnismäßig geringen Masse, verlangen aber von dem Benutzer gewisse atemphysiologische und technische Grundkenntnisse; andernfalls kann der Einsatz dieser Geräte auch schon bei geringen Tauchtiefen zu lebensgefährlichen Komplikationen führen. Die Produktion dieser Geräte wurde deshalb in der DDR für den zivilen Sektor eingestellt. Für den militärischen Einsatz behalten die Geräte ihre Bedeutung (bei der Ausatmung steigen keine den Aufenthaltsort verratenden Luftblasen zur Oberfläche auf).

Taucherretter sind T. zur Rettung aus einem getauchten U-Boot oder aus einem Unterwasserlaboratorium. Sie arbeiten fast ausschließlich nach dem Prinzip der Kreislauftauchergeräte.

Helmtauchergeräte (oft auch als **schwere T.** bezeichnet) bestehen aus einem Metallhelm mit Schulterstück, verschiedenen Metallgewichten sowie dem Taucheranzug aus gummiertem Gewebe. Die Luftzuführung kann über einen Schlauch von der Wasseroberfläche (Schlauchttauchergerät) oder im Kreislaufsystem, d. h. mit Regenerationspatrone und Sauerstoffflasche oder Mischgasflasche, erfolgen. Die Tauchtiefe beträgt bis 100 m. Helmtauchergeräte werden bei besonders schweren Unterwasserarbeiten und langer Arbeitsdauer eingesetzt.

Taucherlocken sind unten offene Behälter, die bei Brückenbauarbeiten eingesetzt werden, → Gründung.

Taucherkesel sind allseitig geschlossene Behälter, in denen der Taucher aber noch dem Druck entsprechend der Wassertiefe ausgesetzt ist. Diese Geräte haben heute in Form von Unterwasserlaboratorien große Bedeutung bei der Erforschung der Ozeane erhalten. Bekannt geworden sind besonders die Laboratorien der Forschungsgruppe um den Franzosen Cousteau. In diesen Laboratorien haben sich die Forscher in Tiefen bis über 100 m länger als 2 Wochen aufgehalten.

Panzertauchergeräte sind druckfeste Metallbehälter mit beweglichen Teilen für Arme und Beine. Die Arbeiten werden mit zangen- oder scherenähnlichen, von innen zu bedienenden Werkzeugen vorgenommen. Das Einatemgas wird mitgeführten Druckgasflaschen entnommen. Der Taucher wird mittels Kabels ins Wasser hinabgelassen. Panzertauchergeräte werden verwendet, wenn Tiefen erreicht werden sollen, deren Druck der menschliche Körper ohne Schädigung nicht mehr verträgt.

Tauchlappen, Tauchpolieren, ein spanendes Fertigungsverfahren zur Verbesserung der Oberflächengüte, bei dem das Werkstück in ein strömendes Läppgemisch eingetaucht wird. Das Läppgemisch befindet sich in einer Trommel. Bei Drehbewegung derselben verlagert es sich auf Grund der Fliehkraft an die Außenwand der Trommel. Die Werkstücke werden mit Hilfe eines Schwenkhalters in das Läppgemisch eingetaucht. Dieses besteht aus dem Läppkorn (Elektrokorund oder Siliziumkarbid) und einer Läppflüssigkeit (Petroleum, Öl und Petroleum-Öl-Gemisch). Das T. dient hauptsächlich zur Bearbeitung von profilierten Außenformen.

Tauchretter, → Tauchergeräte.

Tauchschwinger, ein Ultraschallschwinger, der zum Entgasen von Flüssigkeiten und Schmelzen dient. Das Gerät wird in das flüssige Medium eingetaucht. Die Schwingungen werden mit Hilfe des piezoelektrischen oder des magnetostriktiven Effekts erzeugt.

Taumelscheibe, eine Scheibe, die schräg zur Drehachse gestellt ist. Sie führt neben einer Drehbewegung zusätzlich eine periodische Auf- und Abwärtsbewegung aus. Die Punkte der T. beschreiben räumliche Koppelkurven, deren Form einer gekrümmt im Raume liegenden Acht entspricht. Die T. wird bei stufenlos regelbaren Getrieben, bei Kapsel- und Kolbenpumpen sowie bei Hydromotoren als Steuerorgan verwendet.

Taupunkt, die Temperatur, bei der eine Luftmasse bestimmter absoluter Feuchtigkeit einen relativen Feuchtigkeitsgehalt von 100 %, also Sättigung, aufweist. Wird eine Luftmasse unter den T. abgekühlt, so tritt Kondensation ein; es bilden sich Wolken, Nebel oder Niederschlag. Durch Taupunktermittlung kann man die Luftfeuchtigkeit bestimmen, → Feuchtigkeit.

Tautomerie, eine besondere Art der Isomerie, bei der ein und dieselbe organische Verbindung in zwei strukturell unterschiedlichen Molekülformen existiert. Es handelt sich im Gegensatz

zur → Mesomerie um ein echtes Reaktionsgleichgewicht zwischen verschiedenen Molekülen, deren chemische und physikalische Eigenschaften für sich unverändert existieren. Als **Prototropie** bezeichnet man eine auf der Wanderung eines Protons basierende T. Das klassische Beispiel ist die Keto-Enol-Tautomerie des Azetessigesters: $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_2\text{—COOC}_2\text{H}_5 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{—C(OH)=CH—COOC}_2\text{H}_5$. Die Bezeichnung **Desmotropie** gilt für solche Fälle der T., bei denen die tautomeren Formen isolierbar sind; sie hat nur noch historische Bedeutung, da die Trennung vom Stand der Experimentiertechnik abhängig ist.

Taxifunk, → beweglicher Landfunk.

Taylorischer Satz, ein nach dem englischen Mathematiker Brook Taylor benannter Satz der Differentialrechnung. Ist n eine ganze Zahl ≥ 0 und $y = f(x)$ eine Funktion, deren n -te Ableitung $f^{(n)}(x)$ im Intervall $x_0 \leq x \leq x_0 + h$ existiert und stetig ist, während $f^{(n+1)}(x)$ im Innern des Intervalls vorhanden sei, dann gibt es immer eine Zahl θ mit $0 < \theta < 1$, so daß gilt $f(x_0 + h) = f(x_0) + \frac{h}{1!} \cdot f'(x_0) + \frac{h^2}{2!} \cdot f''(x_0) + \dots + \frac{h^n}{n!} \cdot f^{(n)}(x_0) + \frac{h^{n+1}}{(n+1)!} \cdot f^{(n+1)}(x_0 + \theta h)$. Diese Aussage bezeichnet man auch als **Taylorische Formel**, während man das letzte Glied auf der rechten Seite das **Restglied** (abg. R_n) der Taylorischen Formel nennt.

Die besondere sowohl praktische als auch theoretische Bedeutung des Taylorischen S. besteht darin, daß man aus der Kenntnis einer Funktion und ihrer Ableitungen an einer Stelle x_0 eine Aussage über die Werte dieser Funktion an benachbarten Stellen $x = x_0 + h$ erhält. Sind die Bedingungen des Taylorischen S. es bei festen Werten von x_0 und h für jedes $n \geq 0$ erfüllt und bildet die Folge der Restglieder $R_0, R_1, R_2, \dots, R_n$ eine Nullfolge, d. h. $\lim_{n \rightarrow \infty} R_n = 0$ (→ Grenzwert), so geht die Taylorische Formel über in die Taylor-

ische Reihe $f(x_0 + h) = f(x_0) + \frac{h}{1!} f'(x_0) + \dots + \frac{h^n}{n!} f^{(n)}(x_0) + \dots$. Man sagt dann: die Funktion $f(x)$ ist an der Stelle $x = x_0 + h$ in eine nach Potenzen von h fortschreitende unendliche Reihe (eine → Potenzreihe) entwickelbar. — Für $x_0 = 0$ erhält man die Taylorische Reihe in der

Form von MacLaurin $f(x) = f(0) + \frac{x}{1!} f'(0) + \dots + \frac{x^n}{n!} f^{(n)}(0) + \dots$. Die Funktion $y = f(x) = \sin x$ z. B. ist für alle Werte von x beliebig oft differenzierbar. Für sie erhält man eine Entwicklung $\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots + (-1)^{n-1} \frac{x^{2n-1}}{(2n-1)!} + \dots$.

Tb, Symbol für → Terbium.

TBN, → Arbeitsnorm.

Tc, Symbol für → Technetium.

t/d, Kurzz. für Tonne/Tag, → Tonne.

Td, Kurzz. für internationaler Titer, → Feinheit.

t dw, Kurzz. für → ton deadweight.

Te, Symbol für → Tellur.

techma, Kurzz. für → technische Masseinheit.

Technetium, Symbol Tc, früher **Masurium**, Symbol Ma, radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der VII. Nebengruppe des Periodensystems, Schwermetall; Ordnungszahl 43, Massenzahlen der Isotope 92 bis 96, 97 (stabilstes Isotop mit einer Halbwertszeit von $2,6 \cdot 10^6$ Jahren), 98 bis 105, 107, Wertigkeit meist VII, seltener IV, VI, D. $11,49 \text{ g cm}^{-3}$, F. 2140°C ; 1937 erstmals von Perrier und Segrè dargestellt. T. ist silbergrau und in seinem chemischen Verhalten dem Ruthenium und Ruthenium ähnlich. T. entsteht durch

Einwirkung von Neutronen, Protonen, Deuteronen oder Alphateilchen auf Molybdän oder Ruthenium oder durch Urankerspaltung. T. wird bis jetzt technisch noch nicht verwertet.

Technicolor-Verfahren, → Farbenphotographie.

Technik, die Gesamtheit aller Dinge und Verfahren, die vom gesellschaftlich lebenden Menschen auf der Grundlage zielgerichteter Ausnutzung der Stoffe, der Gesetze und der Prozesse der Natur entwickelt und als materielle Mittel zweckmäßig, vor allem bei der Arbeit und insbesondere bei seiner Produktionstätigkeit, angewendet werden. Angesichts der Begrenztheit der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit des Menschen, die Möglichkeiten der Natur zu nutzen, ist die T. ein entscheidendes Mittel, seine Lebensbedingungen zunehmend zu erweitern und zu verbessern. Die Entwicklung der T. als wesentlicher Bestandteil der gesellschaftlichen Produktivkräfte vollzieht sich in ununterbrochener Wechselwirkung mit den Fortschritten der gesellschaftlichen Lebensformen, vor allem der Produktionsverhältnisse, und der Naturerkenntnis des Menschen; sie weist den produktiv arbeitenden Menschen deutlich als wichtigsten Faktor der gesamten Geschichte der Menschheit aus und unterliegt den im dialektischen und historischen Materialismus enthüllten Gesetzmäßigkeiten.

Geschichtliches. Die T. ist so alt wie die Menschheit selbst. Nach Art und Weise der Arbeit, der Produktion von Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen im weitesten Sinne läßt sich die bisherige Geschichte der T. in 4 Perioden gliedern.

Die erste Periode umfaßt den Zeitraum vom Aufkommen der Herstellung von Werkzeugen bis zum Beginn von Ackerbau und Viehzucht. Bereits der Vormensch hatte unbearbeitete Steine, Stöcke, Knochen u. ä. benutzt und war allmählich dazu übergegangen, ihnen zweckmäßigere Formen zu geben. Bei den Steinwerkzeugen geschah das zunächst durch bloßes Zerschlagen größerer Steine. Dadurch wurden solche Stücke gewonnen, die sich zum Schneiden, Schaben, Stechen und für andere Zwecke eigneten. Diese nur schwer zu identifizierenden urtümlichen Werkzeuge sind ebenso wie der Gebrauch des Feuers (Feuerstellen) für die Zeit vor etwa 500 000 Jahren nachgewiesen. Die Herstellung und ständige Verwendung von Werkzeugen sowie der Gebrauch des Feuers setzen eine bestimmte Entwicklung des Denkvermögens voraus und repräsentieren das endgültige Heraustreten des Urmenschen aus dem Tierreich. Die Entwicklung des wichtigsten Zweiges der T. dieser Periode, der Herstellung von Steinwerkzeugen, führte in der Altsteinzeit zum Faustkeil, der mit einer Spitze und zwei Schneiden ein Universalwerkzeug war und wie die meisten Steinwerkzeuge überwiegend aus Feuerstein gefertigt wurde. Es folgte die Herstellung spezialisierter Steinwerkzeuge und schließlich zusammengesetzter, z. B. Speer mit Steinspitze, sowie zusammengesetzter und kombinierter Werkzeuge, z. B. Pfeil aus Schaft und Steinspitze und Bogen mit Sehne. Begleitet wurde diese Entwicklung von Fortschritten der Bearbeitungsverfahren (Schlag-, Druck-, Schleif- und Bohrtechnik). In diesem Prozeß wurden die intellektuellen Fähigkeiten des Menschen weiter gefördert und empirisch neue Erkenntnisse über die belebte und unbelebte Natur erworben. Im Zusammenhang mit dem erreichten Stand der Herstellung von Werkzeugen ermöglichten diese Kenntnisse, vom bloßen Jagen (Fischen) von Tieren und Sammeln von Pflanzen abzugehen und eine grundsätzlich neue, höhere Stufe der Herrschaft über die Natur zu erreichen.

Die zweite Periode wird eingeleitet mit dem Aufkommen von Ackerbau und Viehzucht in den antiken Stromkulturen; zu Recht agrarische oder landwirtschaftliche Revolution genannt. Ihre bedeutsamste Neuerung, die der gesamten nachfolgenden Geschichte der Menschheit zugrunde liegt, besteht darin, daß das Prinzip der Erzeugung durch den arbeitenden Menschen, das bisher im wesentlichen auf die Herstellung von Werkzeugen beschränkt war, auch auf den Erwerb von Nahrung und Bekleidung ausgedehnt wurde. Aus Wildbeuten und Sammeln wurde die überwiegende Mehrheit der Menschen in relativ kurzer Zeit zu Ackerbauern und Viehzüchtern. Damit durchbrach die Menschheit eine der wirksamsten Schranken ihrer weiteren Entwicklung: die bisherige Form der Abhängigkeit von der Natur im Hinblick auf Quantität und Qualität von Nahrung, Bekleidung und

andere Lebensnotwendigkeiten. Mit dem Entstehen und der Entwicklung der Landwirtschaft wurde eine Fülle technischer Neuerungen nötig und ermöglicht: Pflug, Rad, Wagen, Töpferei, Metallgewinnung und -verarbeitung, Spinn- und Webtechnik, Bauwesen u. a. Dabei begann mit dem Einsatz von Zugtieren auch die Verwendung von Antriebsmitteln, die die Muskelkraft des Menschen bei der Arbeit ersetzen. Auch bei den wichtigsten Folgerungen für das gesellschaftliche Leben — Selbsttätigkeit und Konzentration relativ großer Menschengruppen auf kleinem Raum — waren Möglichkeit (Erwerb von genügend Lebensmitteln je Person fortwährend auf dem gleichen und verhältnismäßig wenig Grund und Boden) und Notwendigkeit (Bewässerungsanlagen, Rodungen) eng miteinander verbunden. Diese gesamte Entwicklung ermöglichte und förderte den Übergang zum Staat und zur Klassengesellschaft — den bis dahin tiefsten Einschnitt in die Menschheitsgeschichte.

In den folgenden Jahrtausenden wurden landwirtschaftliche und handwerkliche T. weiter entwickelt und zuvor auf einzelne Zentren beschränkte Erfahrungen verbreitet. Die Zahl der angebauten Nutzpflanzen und der gezüchteten Tiere nahm zu, ihre Verwendung wurde vielseitiger und die dafür aufgewandte Arbeit produktiver gestaltet (Züchtung aller heutigen Getreidearten und Haustiere, Fischzucht, Wein-, Obst- und Gemüseanbau, Baumwolle, Lein, Oliven, Seidenraupen u. a.). Auf der Grundlage dieser Neuerungen in Ackerbau und Viehzucht und im Zusammenhang mit ihnen hat sich auch das Handwerk ständig weiterentwickelt. Die Fortschritte im Bauwesen (Pyramiden, Hallenbauten und Aquädukte aus Stein, befestigte Straßen u. a.), im Schiffbau (hochseetüchtiges Ruder- und Segelschiff) und in der Kriegstechnik (antike Wurfgeschütze), die Erfindung von Winde, Schraube, verschiedener Arten von Pressen, Flaschenzug, das Zahnradgetriebe (aus Holz), des Glases und der ersten Maschinen (Hand-, Wasser- und Windmühle) sind Beispiele für die Verselbständigung des Handwerks gegenüber der Landwirtschaft und seine zunehmende Spezialisierung, vor allem in den Städten. Eine so umfassende Veränderung der Arbeit und der beruflichen Struktur der Bevölkerung wie beim Übergang vom Jagen und Sammeln zu Ackerbau und Viehzucht war mit der Entfallung des Handwerks allerdings nicht verbunden. Das Aufkommen des Schreibens (Erfahrungsaustausch), die ersten Anfänge der Naturwissenschaft und Mathematik begannen die Entwicklung der T. zu fördern. Geographisch gesehen verlagerte sich durch den Einfluß unterschiedlicher gesellschaftlicher Verhältnisse seit der Mitte des ersten Jahrtausends v. u. Z. die Entwicklung der T. von asiatischen und nordafrikanischen Zentren allmählich, aber nicht kontinuierlich (Araber) nach Europa. Die Arbeitsteilung in der gewerblichen Produktion wurde bis zur organischen Manufaktur (K. Marx) geführt (Verselbständigung der einzelnen Arbeitsgänge bei der Herstellung von einfachen Erzeugnissen, z. B. Textilien oder Stecknadeln), so daß die Mechanisierung der Produktion auf breiter Front beginnen konnte, wozu — bei entsprechendem Entwicklungsstand der T. — im England des 18. Jh. die günstigsten sozialökonomischen Voraussetzungen bestanden.

Die dritte Periode der Geschichte der T. begann mit dem Einsetzen der industriellen Revolution im letzten Drittel des 18. Jh. mit dem Aufkommen der Arbeitsmaschine. Sie gestattete es, die Fingerfertigkeit des Menschen (z. B. Spinnmaschine) oder das Werkzeug aus der Hand des Menschen (z. B. Drehmaschine) auf geeignete Mechanismen zu übertragen. Das ermöglichte den gleichzeitigen Einsatz mehrerer gleichartiger Werkzeuge unter der Kontrolle eines Produzenten und machte die Verwendung eines leistungsfähigeren, von bestimmten Örtlichkeiten unabhängigen (Wasser, Wind) mechanischen Antriebsmittels (Kolbendampfmaschine, später Dampfturbine) in weiten Bereichen der Fertigung rentabel und erforderlich. Werkzeugführung, Transmissionsmechanismus und mechanischer Antrieb sind die drei Hauptbestandteile aller entwickelten Maschinerie im Gefolge der industriellen Revolution (K. Marx). Von der Textilindustrie ausgehend erfaßte die Mechanisierung im Verlaufe des 19. Jh. alle wesentlichen Zweige von Industrie (Werkzeugmaschine, Schrämmaschine, Gesteinsbohrmaschine, polygraphische Maschinen usw.) und Arbeiten in der Landwirtschaft (z. B. Drill-, Mäh- und Dreschmaschine). Mit Dampfeisenbahn und Dampfschiff begann der Einzug des mechanischen Antriebs im Verkehrswesen, später ergänzt durch den Verbrennungsmotor, und mit dem Maschinengewehr die Mechanisierung der Kriegstechnik. Erfordernis und Folge dieser Entwicklung war die steigende Verbesserung und Erweiterung der Produktion von Eisen und Stahl (Puddeln 1784; Bessemer-Verfahren 1854; Siemens-Martin-Verfahren 1864; Thomas-Verfahren 1878). Ein weiteres wesentliches Kennzeichen dieser Periode ist die Gründung technischer Hoch- und Fachschulen, in denen Mathematik und Naturwissenschaften zur Grundlage der gehobenen technischen Ausbildung wurden; das Berufsbild des Ingenieurs ent-

stand. Der gesamte Prozeß führte zu einem tiefgreifenden Wandel der beruflichen Struktur der Bevölkerung. Der Anteil der in der Landwirtschaft Beschäftigten sank in den industriell entwickelten Ländern von 80 bis 90% auf 20% und weniger, vor allem zugunsten der Industrie. Ursächlich verbunden mit dieser Entwicklung ist die Durchsetzung und volle Entfaltung kapitalistischer Produktionsverhältnisse. Profitstreben und Konkurrenzkampf des Kapitalismus förderten die T. aber stets nur teilweise. Das Zurückbleiben der T. in der Landwirtschaft, die zyklischen Wirtschaftskrisen und der organisierte Ausschluß der meisten Menschen von der unmittelbaren und bewußten Teilnahme an der Entwicklung der T. (kapitalistische Ausbeutung der Arbeiterklasse und werktätigen Bauern, Kolonialismus) kennzeichnen diese Gesellschaftsordnung von Anfang an. Besonders seit Beginn des 20. Jh. wird der negative Einfluß des Kapitalismus auf die Entwicklung der T. zusätzlich über den Militarismus wirksam.

– Wesentlichster Fortschritt im Gefolge der industriellen Revolution für die nachfolgende Geschichte der T. besteht in der zunehmenden Bedeutung, die die Wissenschaft erlangt. Noch im 19. Jh. liegen die Anfänge solcher Industriezweige wie der elektrotechnischen, der optischen und der chemischen Industrie sowie der Luftfahrt (nach dem Prinzip schwerer als Luft), deren systematische und kontinuierliche Entwicklung entsprechende wissenschaftliche Erkenntnisse zur Voraussetzung hat.

Seit der Mitte des 20. Jh. tritt mit der → wissenschaftlich-technischen Revolution der Anfang einer vierten Periode der Entwicklung der T. deutlich hervor. Sie ist zunächst gekennzeichnet durch die weitere Mechanisierung bisher rückständiger Zweige der T. (z. B. Landwirtschaft, Bauwesen). Von keimhaften Ansätzen in früheren Jahrzehnten abgesehen, ist der Einsatz elektronischer, elektromechanischer, pneumatischer und anderer Einrichtungen der Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik (BMSR-T.) in der industriellen Fertigung (Automatisierung) sowie der Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen in Forschung, Verwaltung und Handel völlig neu. Eine Vielzahl neuer, in der Natur nicht vorkommender und stark verbesserter herkömmlicher Werkstoffe hat sich bei der Herstellung von Produktionsmitteln und Konsumgütern in kurzer Zeit eingeführt, und ihre Produktion steigt in überdurchschnittlichem Tempo weiter an, hinzu tritt die Verwendung biologischer Wirkstoffe. Die produktive Nutzung einer bisher unzugänglichen Energiequelle, der Kernenergie, begann mit der Inbetriebnahme des ersten sowjetischen Atomkraftwerkes (1954); an der Beherrschung der Kernfusion wird mit dem Ziel gearbeitet, ein unerschöpfliches Energiereservoir zu erschließen.

Hauptkennzeichen dieser Entwicklung ist die zunehmende Umwandlung der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft; sie ist die wichtigste Quelle neuer Produktionsverfahren, die z. B. auf Erkenntnissen der modernen Chemie und Physik, der Biologie und solcher Grenzwissenschaften wie Biochemie und Biophysik beruhen und rasch an Bedeutung gewinnen. Im Zusammenhang mit diesem Prozeß wächst auch die Bedeutung der Gesellschaftswissenschaften und der Philosophie außerordentlich. Die Erfordernisse rentabler Automatisierung (Erreichung hoher Stückzahlen) und der für die weitere Entwicklung der T. notwendige wissenschaftliche Vorlauf zwingen zunehmend zur Konzentration auf geeignete Schwerpunkte im einzelnen Lande und zur internationalen Arbeitsteilung, was – neben der Automatisierung im einzelnen Betrieb – zu tiefgreifenden Veränderungen in der Organisation der Arbeit und der Warenzirkulation führt. Im Zusammenhang mit dem zunehmenden Entwicklungstempo der T., dem Ansteigen ihrer Kosten, den tiefgreifenden Veränderungen in der beruflichen Struktur der Bevölkerung werden wissenschaftlich begründete Planung und Prognostik nicht nur für die Wirtschaft, die Wissenschaft und die T., sondern für alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens unumgänglich. Eine sprunghaft steigende Produktivität der Arbeit ist die Folge. Das Produktionsvolumen der DDR übersteigt bereits heute das gesamte deutsche von 1938. Hauptsächliches Erfordernis und wichtigstes Ergebnis dieser vierten Periode der Geschichte der T. ist die Freisetzung und Entfaltung der schöpferischen Fähigkeiten des Menschen, dessen Bedeutung als Planer, Schöpfer und Leiter hochproduktiver Anlagen und Prozesse außerordentlich zunimmt. Äußerer Ausdruck dafür ist das rasche Ansteigen von Arbeitsplätzen für Fach- und Hochschulkader in der wissenschaftlichen Forschung und technischen Entwicklung, also in der Vorbereitung der Produktion, wie überhaupt die tiefgreifendste Wirkung der wissenschaftlich-technischen Revolution auf die Art und Weise der Arbeit darin besteht, daß die überwiegende Mehrheit der Berufstätigen aus der Fertigung zugunsten ihrer Vorbereitung ausscheiden wird. Damit geht ein Entwicklungsstadium in der Geschichte der Menschheit zu Ende, wie es in dieser Hinsicht seit dem Aufkommen von Ackerbau und Viehzucht bestanden hat, als die Er-

zeugung, die Fertigung durch den Menschen selbst zur vorherrschenden Form der Arbeit geworden war. Danach liegt der Analogieschluß nahe, daß die sozialökonomischen Erfordernisse und Folgen der wissenschaftlich-technischen Revolution ebenso tiefgreifend sein werden wie die der agrarischen Revolution.

Technirama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

technische Gase, natürliche und künstlich erzeugte brennbare (→ Brenngase) und nicht brennbare Gase, z. B. Stickstoff, Sauerstoff und Ammoniak, die technisch genutzt werden. T. G. müssen vor ihrer Verwendung der → Gasaufbereitung unterzogen werden.

technische Masseinheit, Kurzz. TME, ME oder **techma**, alte, nicht mehr zulässige, von der Kraft-einheit abgeleitete Masseinheit des technischen Einheitensystems. 1 TME = 9,80665 kg.

technische Revolution, → wissenschaftlich-technische Revolution.

Technisches Maßsystem, → Einheitensysteme.

technisches Zeichnen, die Anfertigung exakter, maßstabgerechter Darstellungen von technischen Objekten einschließlich der Angabe von Maßen, Toleranzen, Oberflächenzeichen und Hinweisen. Eine technische Zeichnung wird mit Bleistift oder Tusche auf weißem Zeichenkarton oder durchsichtigem Papier ausgeführt, sie muß übersichtlich und eindeutig sein. Dabei sind die Festlegungen des Amtes für Standardisierung zu beachten.

Die zu verwendenden Papierformate (→ Papier) sind in TGL 0-476, Blattgrößen für Zeichnungen in TGL 9727, Blatt 6, und Angaben über Vordrucke für technische Zeichnungen und das Zeichnungsschriftfeld in TGL 0-6761 (Informationsblatt) festgelegt. Das Schriftfeld enthält alle für die Fertigung und Betriebsorganisation notwendigen Angaben, die nicht direkt zur Abbildung gehören.

Die **Darstellung** der zu fertigenden Teile erfolgt nach den Regeln der rechtwinkligen (orthogonalen) Parallelprojektion (Abb. 1b) entsprechend TGL 9727, Blatt 1. Vielfach genügen 3 der möglichen 6 Ansichten, und zwar Vorderansicht, Draufsicht und Seitenansicht von links (in Abb. 1b hervorgehoben). Auch 2 Ansichten (Vorder- und Seitenansicht oder Vorderansicht und Draufsicht), 1 Ansicht und 1 Schnitt oder nur 1 Schnittdarstellung können eindeutig sein. Zum Vergleich zeigt Abb. 1a das gleiche Werkstück in dimetrischer Projektion, die anschaulicher, aber für technische Zwecke bis auf Ausnahmen (Angebotszeichnung u. dgl.) nicht geeignet ist.

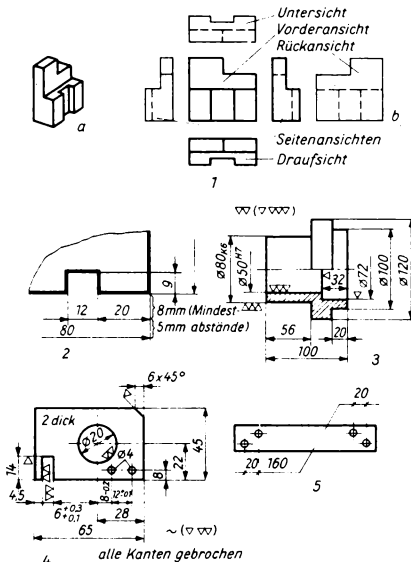
Da eine Vervielfältigung möglich sein muß (→ Lichtpause), ist Schwarz-Weiß-Darstellung und damit die Anwendung verschiedener **Linien** notwendig. In TGL 9727, Blatt 1 sind 4 Linien-gruppen und innerhalb dieser mehrere Linienarten standardisiert. Die gewählte Linien-gruppe muß für die Ausführung einer Zeichnung beibehalten werden.

Die **Maßeintragung** ist umfassend in TGL 9727, Blatt 3 behandelt. Maße werden in Millimetern ohne Angabe der Dimension (mm) eingetragen. Wird hiervon abgewichen, muß die Dimension (m, cm) dabeistehen. Die Bemaßung (Abb. 2 bis 4) und die Eintragung aller Hinweise ist grundsätzlich auf den Fertigzustand zu beziehen. Maßlinien werden nicht unterbrochen. Die Maßzahl steht über der Maßlinie, nicht direkt darauf. Jedes Maß darf auf einer Zeichnung nur einmal erscheinen, und zwar dort, wo die bezeichnete Form am besten zu erkennen ist. Maße sind möglichst aus der Darstellung herauszuziehen, vorrangig nach rechts und unten. Die Maßlinien tragen an den Enden Pfeile, diese sind voll geschwärzt, 3 bis 4 mm lang und schließen einen Winkel von 15° ein. Maßzahlen und übrige **Beschrift-**

tung sind in schräger Schrift nach TGL 0-16 auszuführen. Auf technischen Zeichnungen sind Gegenstände vorzugsweise in natürlicher Größe, d. h. im Maßstab 1:1 darzustellen. Für *Verkleinerungen* und *Vergrößerungen* sind verschiedene Maßstäbe in TGL 9727, Blatt 2 festgelegt. Skizzen (ohne Zirkel und Lineal) als eine von vielen Arten technischer Darstellungen — TGL 0-199 (Informationsblatt) — sind in keinem bestimmten Maßstab, jedoch proportionsgetreu auszuführen.

Die *Oberflächenkennzeichnung* erfolgt nach TGL 0-140, Blatt 2 (nur qualitativ, durch Angabe von Symbolen: ~, ▽, ▽▽, ▽▽▽; die Reihenfolge entspricht der steigenden Qualitätsforderung), oder TGL 0-3142 (quantitativ, durch Angabe von Rauheitsmaßen). Bei Neukonstruktionen ist letztgenannte Kennzeichnung zu bevorzugen, weil damit eine objektive Prüfung möglich ist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sollen Oberflächenangaben beim zugehörigen Maß stehen (Abb. 3 und 4). Oberflächenzeichen schreiben kein bestimmtes Fertigungsverfahren vor.

Für eine gewünschte Funktion sind unter Umständen *Toleranzangaben* (→ Toleranz) notwendig (H7 und k8 in Abb. 3, $12 \pm 0,1$ u. a. in Abb. 4), die festlegen, in welchen Grenzen die jeweilige Abmessung eines Werkstückes schwanken darf, damit eine bestimmte → *Passung* erreicht wird.



Technisches Zeichnen: 1 Projektionsarten: a dimetrische Projektion, b orthogonale Parallelprojektion. 2 bis 5 Maßeintragung: 2 Grundlegendes zur Maßeintragung. 3 Buchse im Halbschnitt, Tolerierung durch ISA-Kurzzeichen. 4 Blechplatte, Tolerierung durch Abmaße. 5 Beispiel zur Maßeintragung im Stahlbau

Darstellungen im *Schnitt* oder *Halbschnitt* (Abb. 3) ermöglichen es, Konturen, die im Inneren eines Werkstückes verlaufen, in dicken Volllinien zu zeichnen und entsprechend günstig zu bemaßen. Die Schnittfläche des gedachten Schnittes wird schraffiert (*Schraffuren* nach TGL 9727, Blatt 4). Die Schraffurlinien liegen vorzugsweise unter einem Winkel von 45° zu den Hauptumrissen. Bei entsprechenden Formen sind kennzeichnende Zusätze einzutragen (Radius: R; Kreisform: Durchmesserzeichen \varnothing). Diese Symbole stehen vor der Maßzahl und mit dieser auf gleicher Höhe.

Für häufig zu zeichnende *Maschinenelemente* sowie für *bestimmte Arbeitsgänge bei der Ferti-*

gung bestehen spezielle Vorschriften für die Ausführung technischer Zeichnungen: Gewinde, Schrauben, Muttern, Senkungen, Schraub- und Nietverbindungen nach TGL 9727, Blatt 5, und TGL 0-30 (Informationsblatt); Zahn- und Kettentriebe nach TGL 15031; Keil- oder Zahnprofil nach TGL 15033; Federn nach TGL 15103; Schweißnähte nach TGL 14904; Wärmebehandlung von Metallen nach TGL 5300. Empfohlene symbolische Darstellungsweisen (Zahnrad: 2 Kreise in Voll- bzw. Strich-Punkt-Linie für eine Vielzahl von Zähnen; Gewinde: Symmetrielinie mit entsprechender Benennung für ausführliche Darstellung) sollen bei gewährleitetester Eindeutigkeit den Zeichenaufwand verringern.

Für *technische Zeichnungen im Baugewerbe* sind alle erwähnten und entsprechenden Standards verbindlich, soweit nicht Sonderregelungen getroffen sind. Häufig ist eine vom Standard abweichende Anordnung der Ansichten anzutreffen (z. B. Seitenansicht eines Gebäudes von links liegt links neben Vorderansicht, d. h. Anordnung der Ansichten so, wie man ein Gebäude umläuft). Es ist weiterhin üblich, Längen in Metern (m) mit 2 Dezimalstellen, Dicken, lichte Weiten von Schornsteinen u. a. in Zentimetern (cm) einzutragen, ohne die Maßeinheit hinzuzusetzen. Für *technische Zeichnungen im Stahlbau* sind in TGL 10215 unter anderem spezielle Maßstäbe festgelegt. Zeichnungen und Skizzen sind durch Naturgrößen (Schablonen) zu ergänzen. Bei der Bemaßung ist es erlaubt, die Maßlinien abzuknicken, wenn die Zeichnung damit übersichtlicher wird. An Stelle von Pfeilen dürfen auf Bauzeichnungen kurze Striche unter 45° stehen (Abb. 5).

Lit. Friedrich u. Voigt: Handb. für technische Zeichner und Teilkonstrukteure (8. Aufl. Leipzig 1962); Groh: Die technische Zeichnung (5. Aufl. Berlin 1965); Meißner: Wie liest man technische Zeichnungen? (2. Aufl. Leipzig 1961); Rabe u. Steinke: Das technische Zeichnen (11. Aufl. Leipzig 1961); Winkler: T. Z. (4. Aufl. Leipzig 1965).

TechniScope-Verfahren, ein → *Breitwandverfahren*.

Technologie, Wissenschaft von den naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten der Produktionsprozesse, die neueste und modernste Erkenntnisse der Naturwissenschaft anwendet, um durch die wissenschaftlich begründete Veränderung der Produktionsmethoden höchste gesellschaftliche Effektivität zu erreichen. Damit spielt die T. eine hervorragende Rolle bei der Entwicklung der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft im Verlauf der wissenschaftlich-technischen Revolution.

Forschungsgegenstand der T. sind die Prozesse der Produktion von Rohstoffen, Werkstoffen, Halbfabrikaten und Fertigerzeugnissen. Bei der Produktion werden Umwandlungen des Stoffes nach den Gesetzen der Chemie und Veränderungen der Gestalt von Körpern nach den Gesetzen der Physik (Mechanik) vorgenommen. Nach diesem Gesichtspunkt unterscheidet man von jeher zwischen *chemischer T.* und *mechanischer T.* Die Trennung der T. in einen chemischen und einen mechanischen Teil ist nach dem heutigen Stand der Produktionstechnik aber nicht mehr gerechtfertigt, da Verfahren der Stoffumwandlung und Gestaltsveränderung ineinander übergreifen und nicht immer eindeutig getrennt werden können.

Wegen der Verschiedenartigkeit der Rohstoffe, Verfahren und Erzeugnisse ist die T. sehr mannigfaltig. Dennoch kehren bestimmte technische Operationen, die als *technologische Grundverfahren* bezeichnet werden und die Elemente der T. darstellen, immer wieder. Man erhält sie aus der Analyse der Produktionsprozesse. Umgekehrt ergeben sich die Produktionsprozesse aus dem

planvollen Zusammenwirken der Grundverfahren. Die technologischen Grundverfahren sind in sich unteilbare technische Operationen, die an bestimmten Materialien gezielte Veränderungen des Energieinhaltes, der Zusammensetzung, der Form, der Lage oder mehrerer dieser Größen hervorrufen und die jedes für sich typischen Kombinationen von naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten unterworfen sind.

Der Zweig der T., der die Grundverfahren an sich betrachtet, d. h. nicht in Beziehung zu ihrer Aufeinanderfolge innerhalb eines bestimmten Produktionsprozesses, sondern vielmehr im Vergleich mit anderen Grundverfahren, die das gleiche Ziel verfolgen, wird als **allgemeine oder vergleichende T.** bezeichnet. Ihr Forschungsgegenstand sind die technologischen Grundverfahren. Der Zweig der T., welcher der Reihe nach den Gang der Grundverfahren vollständiger Produktionsprozesse zur Herstellung ganz bestimmter Erzeugnisse verfolgt, wird als **spezielle T.** bezeichnet. Ihr Forschungsgegenstand sind also vollständige Produktionsprozesse. Die Unterteilung der speziellen T. kann man nach den Ausgangsstoffen, den Erzeugnissen, nach Industriezweigen oder sonstigen Gesichtspunkten vornehmen.

In diesem Sinne kann für T. auch der Begriff **Produktionstechnik** verwendet werden. Dabei haben sich zwei weitere Begriffe herausgebildet, mit denen man das Gebiet der industriellen Produktion umreißen kann, und zwar **Verfahrenstechnik** und **Fertigungstechnik**. Der Schwerpunkt der → **Verfahrenstechnik** liegt in der Änderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Stoffen, die sich dadurch auszeichnen, daß sie keine definierte makrogeometrische Form besitzen und unter dem Sammelbegriff „**Fließgut**“ (Gase, Flüssigkeiten, Schüttgüter) zusammengefaßt werden können. Diese Stoffe nehmen zu den Arbeitsmitteln, mit denen sie verarbeitet werden, keine besondere Position ein. Der Schwerpunkt der → **Fertigungstechnik** liegt in der Änderung der Gestalt von Werkstoffen, die sich dadurch auszeichnen, daß sie eine eindeutig definierte makrogeometrische Form haben und den Charakter von Stückgut besitzen. Diese Werkstoffe nehmen zu den Werkzeugen, mit denen sie bearbeitet werden, eine bestimmte Position ein. Mit dieser Definition ist zwar der Unterschied zwischen diesen beiden Bereichen der Produktionstechnik gekennzeichnet, der vor allem in der Form (Gestalt) der zu verändernden Stoffe liegt, er kommt jedoch durch den Begriff „**Verfahren**“ in Verfahrenstechnik und „**Fertigen**“ in Fertigungstechnik nicht zum Ausdruck; denn in beiden Bereichen, sowohl in der Verfahrenstechnik als auch in der Fertigungstechnik, finden Verfahren der Produktion (Erzeugung, Herstellung, Fertigung) statt und wird gefertigt (produziert, erzeugt, hergestellt), d. h. werden Stoffe in Richtung auf den Fertigzustand verändert.

Eine umfassende, festumrissene Definition und Gliederung der Wissenschaft T. liegt z. Z. noch nicht vor.

Lit. Balakschin: T. des Werkzeugmaschinenbaues (Berlin 1953); Henglein: Grundriß der chemischen Technik (10. Aufl. Weinheim/Bergstr. 1959); Kaschirin: T. des Maschinenbaues (Berlin 1958); Kopecky u. Schamschula: Mechanische T. (Wien 1951); Krist: Werkstofftabellen, 3 Bde (Leipzig 1958); Krist u. Abendroth: Mechanische T. für die Grundstoffindustrie, 2 Bde (Leipzig 1958); Kröger: Grundriß der technischen Chemie (Göttingen 1958); Ost-Rassow: Lehrb. der chemischen T. (27. Aufl. Leipzig 1964); Schimpke: T. der Maschinenbaustoffe (12. Aufl. Leipzig 1953); Stapf: Chemie und Technologie für die Metallindustrie (Leipzig 1953); Winnacker u. Küchler: Chemische T., 4 Bde (2. Aufl. München 1958/1961); Informationshandb. für Technologen der metallverarbeitenden Industrie (2. Aufl. Berlin 1961); → **Verfahrenstechnik**.

Teclubrenner, → **Bunsenbrenner**.

Teer, eine bitumenähnliche, dunkelbraune bis schwarze, zähe, flüssige bis dicke, klebrige Masse von durchdringendem charakteristischem Geruch, die bei der thermischen Behandlung organischer Stoffe, z. B. Kohle, Holz, Torf, unter Luftabschluß neben Wasser, Gasen und Koks anfällt.

1) Der **Braunkohlenteer** entsteht bei der Schwelung von stückiger Braunkohle oder von Braunkohlenbriketts. Je nach den Zersetzungstemperaturen unterscheidet man **Braunkohlenschwelteer** (**Braunkohlenurteer**), der bei Schweltemperaturen von 550 bis 650 °C gewonnen wird, und **Braunkohlenhochtemperaturteer** (**BHT-Teer**), der bei Verkokungstemperaturen von 1000 bis 1200 °C anfällt.

Der Braunkohlenschwelteer westerbischer Kohlen enthält vorwiegend aliphatische Kohlenwasserstoffe, besonders Paraffine, ferner sauerstoffhaltige Verbindungen (Kreosote). Seine Aufarbeitung erfolgt vorwiegend durch Destillieren und Krackverfahren sowie durch Hydrierung. Die Destillation des T.s geschieht hauptsächlich in kontinuierlich arbeitenden Röhrenöfen; als wichtigste Produkte erhält man Dieselmotorenkraftstoff, Vergaserkraftstoff, Heizöl, Paraffin, Pech und Elektrodenkoks. Beim Kracken des Braunkohlenteers durch Druck (40 bis 60 at) und Wärme (etwa 450 °C) gewinnt man vor allem Benzin und Dieselöl. Durch Hydrierung erhält man Benzin, Mittelöle, Dieselmotorenkraftstoff, Paraffin und Schmieröl.

Der BHT-Teer enthält dagegen nur wenig Paraffine und ist infolge seines hohen Sauerstoffgehaltes für die Hydrierung wenig geeignet (zu hoher Wasserstoffverbrauch!). Nach Abtrennung des sehr aromatenhaltigen Leichtöls und des Mittelöls wird der BHT-Teer besonders als Heizöl verwendet. Auf Grund seines niedrigen Asche- und Schwefelgehaltes ist er außerdem zur Verarbeitung auf hochwertigen Elektrodenkoks besonders geeignet.

2) Der **Steinkohlenteer**, in den Anfängen der Kokerei und Stadtgasindustrie ein unerwünschtes Nebenprodukt, ist heute ein vielseitiger und gesuchter Rohstoff für die chemische Industrie. Er entsteht bei der trockenen Destillation (Verkokung und Schwelung) der Steinkohle. Man unterscheidet Tieftemperatur-, Mitteltemperatur- und Hochtemperaturteere.

Tieftemperaturteere (Schwel-, Urteere) bilden sich bei der Verschwelung von Steinkohle bei Temperaturen bis 600 °C. In ihrer Zusammensetzung ähneln sie den Braunkohlenteeren, besonders reich sind sie an flüssigen und festen Alkenen und Alkanen.

Durch Destillation können aus ihnen Heiz- und Treiböle, durch Hydrierung hochwertige Dieselöle und Vergaserkraftstoffe gewonnen werden. **Mitteltemperaturteere** fallen bei der Verkokung bei 800 °C an. Sie ähneln bereits den **Hochtemperaturteeren**, die am wichtigsten für die technische Weiterverarbeitung sind. Letztere entstehen bei der Verkokung der Steinkohle bei Temperaturen ab 1000 °C, wobei ihre Bildung durch eine starke sekundäre Zersetzung des primär abgespaltenen Urteers zu erklären ist. Sie enthalten im wesentlichen aromatische Verbindungen, z. B. Benzol und seine Homologen, Naphthalin und Anthrazen, sowie freien Kohlenstoff.

Die im Steinkohlenrohteer enthaltenen Verbindungen werden auf 10000 geschätzt. Die Aufarbeitung erfolgt destillativ, wobei als Rückstand das Pech verbleibt, das als Brikettiermittel, für Straßen-, Stahlwerk- und Dachpappenteer sowie zu Anstrich- und Isolierzwecken verwendet wird. Als Destillate werden → Leichtöl-, → Mittelöl-, → Schweröl und → Anthrazenöl abgenommen, aus

denen wichtige organische Verbindungen isoliert werden können. Die dabei anfallenden Öle werden als Heiz-, Treib-, Benzolwasch- und Holz-imprägnieröle und zur Rußgewinnung verwendet.

3) **Holzteer** ist eine schwarze, ölige, scharf riechende Flüssigkeit, die bei der trockenen Destillation von Holz anfällt. Aus Laubholzteer konnten vor allem Kresole, Phenole, Xylenole, Phenoläther, Fettsäuren und deren Ester und hochsiedende Alkane gewonnen werden. Im Nadelholzteer sind vor allem die wertvollen Terpene und Harzöle enthalten. Holzteer wird zu Schutzanstrichen von Holz- und Stahlteilen, zum Imprägnieren von Schiffstauen, als Flotationsmittel und Heizöl sowie als Medikament gegen Hautleiden und gegen Erkrankungen der Luftwege und des Rachens verwendet.

Lit. Dierichs u. Ludwig: Teer- und Erdölverarbeitung, Lehrbriefbuch (2. Aufl. Freiberg 1958); Gundermann: Chemie und Technologie des Braunkohlenteers (Berlin 1964); → Kohle.

Teilchen, → Korpuskel.

Teilchenbeschleuniger, Beschleuniger (Tafel 44), Geräte oder Anlagen, in denen elektrisch geladene Teilchen (Elektronen, Protonen oder schwerere Ionen) mittels elektrischer Felder auf sehr hohe Geschwindigkeit beschleunigt werden. Die beschleunigten Teilchen erreichen eine entsprechend hohe kinetische Energie, die sich als Produkt Ladung mal Spannung (genauer: Ladung mal Potentialdifferenz) ergibt und meistens in Megaelektronenvolt (MeV) angegeben wird.

Je nach dem Prinzip der Beschleunigung unterteilt man die T. in Hochspannungsbeschleuniger (→ Kaskadengenerator und → Bandgenerator), in → Linearbeschleuniger und in verschiedene Typen von → Kreisbeschleunigern: → Zyklotron, → Synchrozyklotron und → Protonensynchrotron für Protonen und schwerere Ionen sowie → Betatron, → Mikrotron und → Elektronensynchrotron für Elektronen. Die T. werden in der naturwissenschaftlichen Forschung, in Medizin und Technik angewandt. In der Kernphysik ist man gegenwärtig u. a. bestrebt, die Teilchenenergien immer weiter zu erhöhen, um schließlich den Anschluß an die Energien der kosmischen Strahlung (10^9 bis 10^{10} MeV) herzustellen.

Lit. Hertz: Lehrb. der Kernphysik Bd I (2. Aufl. Leipzig 1960); Keck: T. (Leipzig 1962); Kollath: T. (Berlin 1957).

Teiler, in der Arithmetik eine ganze Zahl t , die in einer ganzen Zahl n ohne Rest aufgeht: $n = t \cdot g$ (g ganze Zahl), t ist ein T. von n . So ist z. B. 4 ein T. von 20, denn $20 = 4 \cdot 5$. Mit Hilfe von **Teilbarkeitsregeln** läßt sich für bestimmte ganze Zahlen leicht feststellen, ob sie T. einer anderen ganzen positiven Zahl sind oder nicht. Ganze Zahlen, die den T. 2 haben, heißen gerade, alle übrigen ungerade. Besitzt eine ganze Zahl p nur die Eins und p als T., so handelt es sich um eine → Primzahl. Ist von zwei ganzen Zahlen m und n jede durch eine Zahl t teilbar, so bezeichnet man t als **gemeinsamen T.** von m und n . Als **größten gemeinsamen T.** (Abk. g. g. T.) zweier ganzer Zahlen bezeichnet man die größte ganze Zahl, die in beiden Zahlen ohne Rest aufgeht. Man berechnet ihn durch Zerlegung der beiden Zahlen in Primfaktoren oder mit Hilfe des Euklidischen Algorithmus, einem aus mehreren aufeinanderfolgenden Divisionen bestehenden Rechenverfahren. Der g. g. T. von 36 und 60 z. B. ist 12. Das Bestimmen des größten gemeinsamen T.s ist z. B. wichtig beim Kürzen eines Bruches. Haben zwei Zahlen außer Eins keinen gemeinsamen T., so nennt man sie **teilerfremd** oder **relativ prim**, z. B. die beiden Zahlen 5 und 17. Unter dem **kleinsten gemeinschaftlichen Viel-**

fachen (Abk. k. g. V.) zweier Zahlen versteht man die kleinste ganze positive Zahl, die beide Zahlen als T. hat. Zum Beispiel ist 180 das k. g. V. von 36 und 60. Das k. g. V. zweier Zahlen ist gleich dem Produkt der beiden Zahlen, geteilt durch ihren größten gemeinsamen T. Es wird z. B. beim Addieren und Subtrahieren von Brüchen als Hauptnenner verwendet.

Die Untersuchungen über Teilbarkeitseigenschaften ganzer Zahlen sind ein elementarer Zweig der Zahlentheorie (Teilbarkeitslehre).

Teilkopf, bei Werkzeugmaschinen, vor allem bei Fräs- und Bohrmaschinen, eine Hilfsvorrichtung, mit der man das Werkstück nacheinander um einen bestimmten, einstellbaren Winkelbetrag drehen kann. Der **mechanische T.** besteht aus einer **Teilscheibe** (Scheibe mit vielen Löchern), in die die Handkurbel mit einem Stift für die eingestellte Kreisteilung einschnappt. Beim **optischen T.** können die Winkelwerte auf einer Skale durch ein Mikroskop abgelesen werden.

Teilkreis, veraltet **Limbus**, ein in Winkelmeßgeräten verwendeter Kreis oder Kreisring aus Metall oder Glas, auf dem in radialer Anordnung eine Gradeinteilung eingeritzt oder eingätzt ist. T.e dienen zum Einstellen oder Ablesen von Winkelwerten im Maschinenbau, in der Elektronik und der Geodäsie. Die Gradeinteilung ist meist in Altgrad vorgenommen (Vollkreis = 360°), in der Geodäsie in Neugrad (Vollkreis = 400°).

Teilmachine, eine Werkzeugmaschine zum Auftragen von Millimeter-, Grad-, Kreis-, Gitter- oder anderen Teilungen. Das Auftragen erfolgt mittels eines Reißwerks, das einen Stichel zum Aufreißern der Teilungen trägt.

Teilnehmerwählverkehr, svw. → Telexverkehr.

Teilsohlenbau, im Bergbau eine Bauform, bei der entweder die Gewinnung bergbaulicher Rohstoffe in direkt übereinanderliegenden Teilsohlen erfolgt (T. mit künstlichem Dach) oder die durch Strecken oder Kammern (Teilsohlen) umfahrenen, übereinanderliegenden Lagerstätten-teile (Pfeiler) im Rückbau gewonnen werden.

Teilung, 1) die → Division. 2) Zerlegung einer meßbaren Größe, wie T. einer Strecke, eines Winkels, z. B. **stetige T.** (→ Goldener Schnitt), → harmonische T. 3) In der Zahlentheorie versteht man unter **Teilbarkeit** der Zahl m durch die Zahl l das Vorhandensein einer Lösung der Gleichung $lx = m$.

Tektogenese, Gebirgsbildung, episodische Bewegungen der Erdkruste, durch die die ehemalige Struktur des Krustengefüges verändert wird, z. B. Faltung horizontaler Schichten oder Metamorphose von Gesteinen. T. wirkt in eng umgrenzten Bereichen, insbesondere in Geosynklinalen. Tektogenetische Bewegungen waren in der Erdgeschichte zu bestimmten Zeiten in verschiedenen Gebieten mit unterschiedlicher Intensität wirksam. Diese Perioden bezeichnet man als tektogenetische Phasen oder Faltungsphasen. Man unterscheidet: 1) **alpinotype T.**, die in beweglichen Zonen der Erdkruste (→ Geosynklinalen) wirkt und verbunden mit starker horizontaler Einengung zu intensiver Faltenbildung führt, 2) **germanotype T.**, die in den bereits alpinotyp gefalteten und dadurch versteiften Krustenteilen (→ Kraton) wirkt und zu Bruchbildung führt.

Durch T. entstehen Gebirge im weiteren Sinn, d. h. stark gefaltete und gestörte Erdkrustenteile. Diese Gebirge (Tektogene) werden z. T. durch die T. weit über den Meeresspiegel gehoben. Durch einsetzende Erosion entstehen dadurch Gebirge im geographischen Sinn. Dieser Vorgang wird auch als **Orogenese** und das gefaltete Gebirge als Orogen bezeichnet.

Tektonik, ein Teilgebiet der Geologie, die Lehre vom Bau der Erdkruste und den Bewegungen und Kräften, die diesen Bau erzeugten. Die tektonischen Bewegungen und Kräfte haben ihren Ursprung im Erdinneren, z. B. Epirogenese, Tektonogenese und Metamorphose. Tektonische Einzelformen sind z. B. Falten, Klüfte, Spalten und Verwerfungen.

Die **Geotektonik** klärt die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung der Erdkruste.

Tektonit, → Gestein.

TEL, → Antiklopfmittel.

Tele..., Fern...

Telefonie, svw. → Fernsprechen.

Telegrafenalphabet, → Telegrafie.

Telegrafengleichung, eine partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung für homogene Leitungen, die die Orts- und Zeitabhängigkeit von Strom und Spannung auf der Leitung beschreibt:

$$-\frac{\partial u}{\partial x} = R'i + L' \frac{\partial i}{\partial t} - \frac{\partial i}{\partial x} = G'u + C' \frac{\partial u}{\partial t}.$$

Dabei sind R' , L' , G' , C' = Leitungskonstanten, u und i = Momentanwerte von Spannung und Strom, x = Ortsvariable, t = Zeitvariable.

Für sinusförmige Schwingungen vereinfacht sich die Gleichung in

$$\frac{d^2 u}{dx^2} = (R' + j\omega L')$$

$$\cdot (G' + j\omega C') u \quad \frac{d^2 i}{dx^2} = (R' + j\omega L') (G' + j\omega C') i.$$

Telegrafie, Fernschreiben (Tafel 51), eine Übertragung von Nachrichten, die nach einem vereinbarten Schlüssel durch Zeichen oder Signale dargestellt werden, z. B. akustische Signale, optische Signale u. dgl. Die größte Bedeutung hat die elektrische Telegrafie, bei der die Einzelsignale durch Zustandsänderung elektrischer Stromkreise gekennzeichnet sind. Werden nur zwei Zustandsänderungen benutzt, z. B. „Strom“ und „Kein Strom“, so spricht man von einem Binärsystem, bei drei Zustandsänderungen von einem Ternärsystem. Jedem Buchstaben des Alphabets, jeder Zahl sowie den Interpunktionszeichen wird eine Kombination von Einzelschritten zugeordnet in Form eines **Telegrafenalphabets**. Eines der ältesten Systeme ist das → Morsealphabet, das als Ternärsystem drei Zustandsänderungen zulässt: Punkt, Strich und Pause. Die Zahl der Einzelschritte für Buchstaben und Zahlen schwankt zwischen Eins und Sieben entsprechend der Häufigkeitsverteilung der Buchstaben (Zahlen) in der Sprache.

Der **Morsealphabet** ist in den letzten 30 Jahren durch den **Typendrucktelegraphen** (**Fernschreibmaschine**) verdrängt worden, bei dem die empfangene Nachricht in Schriftform umgesetzt wird. Dieser verwendet ein Fünfschritt-Alphabet, (5er-Code), bei dem jedes Zeichen aus 5 Einzelschritten als „Strom“ oder „Kein Strom“ gebildet wird. In einem solchen System sind maximal 32 Kombinationen möglich. Das deutsche Alphabet enthält 26 Buchstaben; ferner sind die zehn Ziffern von 0 bis 9 zu übertragen und weitere 11 Interpunktions- und andere Zeichen. Da nur 32 unterschiedliche Kombinationen aus 5 Einzelschritten gebildet werden können, müssen verschiedene Kombinationen doppelt belegt werden. Heute wird allgemein für Typendrucktelegraphen das Telegrafenalphabet Nr. 2 nach den Empfehlungen des CCIT (Comité Consultatif International Telegraphique) verwendet (Abb.). Der Typendrucktelegraph erfordert einen Gleichlauf von Sender und Empfänger. Hierzu dient allgemein die „Start-Stopp“-Synchronisierung. Das Prinzip besteht darin, den Gleichlauf von Sender und Empfänger mit jedem gesendeten Zeichen herzustellen, indem bei Sendung eines Zeichens zuerst ein Anlaßschritt gegeben wird, dann die entsprechende Kombination aus 5 Ein-

zelschritten und zuletzt ein Stoppschritt. Durch den Anlaßimpuls wird der Empfänger angelassen und durch den Stopp-Impuls wieder angehalten. Zwischen beiden erfolgt der Empfang des eigentlichen Zeichens.

Nr.	Buchstaben	Ziffern und Zeichen	Start	Impuls					Stop
				1	2	3	4	5	
1	A	-		●	●				●
2	B	?		●	●	●	●	●	●
3	C	:			●	●	●	●	●
4	D	Wer da		●					●
5	E	3		●					●
6	F			●	●				●
7	G				●	●	●	●	●
8	H				●	●	●	●	●
9	I	8			●	●			●
10	J	Kl		●	●	●	●	●	●
11	K	(●	●	●	●	●	●
12	L)			●	●	●	●	●
13	M					●	●	●	●
14	N	,				●	●	●	●
15	O	9				●	●	●	●
16	P	0				●	●	●	●
17	Q	1		●	●	●	●	●	●
18	R	4		●	●	●	●	●	●
19	S	*		●	●	●	●	●	●
20	T	5				●	●	●	●
21	U	7		●	●	●	●	●	●
22	V	=		●	●	●	●	●	●
23	W	2		●	●	●	●	●	●
24	X	/		●	●	●	●	●	●
25	Y	6		●	●	●	●	●	●
26	Z	+		●	●	●	●	●	●
27	Wagenrücklauf							●	●
28	Zeilenvorschub							●	●
29	Buchstaben			●	●	●	●	●	●
30	Ziffern u. Zeichen			●	●	●	●	●	●
31	Zwischenraum							●	●
32									●

□ = kein Strom

● = Strom

Telegrafenalphabet Nr. 2

Beim **Hellschreiber** dagegen kann auf einen exakten Gleichlauf zwischen Sender und Empfänger verzichtet werden, da die Schrift am Empfänger doppelt aufgezeichnet wird. Das Alphabet dieses Telegraphenapparates besteht aus 40 Einzelschritten je Buchstabe oder Zeichen. Die Verteilung der Einzelschritte ergibt sich aus einer Rasterung der Buchstaben und Zeichen in 7 horizontale und 7 vertikale Reihen.

Die Fernschreibmaschine ist mit einer Tastatur und einem Typenkorb (bzw. Typenrad) versehen, ähnlich denen einer Büroschreibmaschine. Mit der Tastatur ist eine Sendeeinrichtung gekoppelt, die beim Niederdrücken einer Taste die dem Alphabet entsprechende Kombination von „Strom-“ und „Kein Strom-“Schritten einstellt. Über eine besondere Nockenscheibe werden die Impulse nacheinander ausgesendet. Der Empfangsmechanismus wird durch den Startimpuls an den ständig laufenden Motor der Empfangsmaschine gekoppelt. Die 5 Zeichen werden nacheinander durch einen Empfangsmagneten aufgenommen und der während der Abtastung auf der Leitung vorliegende Stromzustand auf einen mechanischen Speicher übertragen. Von hier aus erfolgt die Auswahl des Typenzeichens und der anschließende Druckvorgang. Der Abdruck kann auf Papierstreifen (Streifenschreiber) oder auf ein Blatt (Blattschreiber) erfolgen. Für den Schreibbetrieb sind noch entsprechende Zeichen vorgesehen für Zwischenraum, Buchstaben- und Ziffernumschaltung und speziell für den Blattschreiber Wagenrücklauf und Zeilenvorschub. Die modernen Maschinen sind mit einem **Namengeber** ausgerüstet. Er wird durch eine besondere Taste (Symbol ★) ausgelöst und enthält die Adresse

der entsprechenden Maschine in Kurzform, die automatisch nach Eintreffen des entsprechenden Zeichens abgesendet wird. Damit ist eine Kontrolle des richtigen Verbindungsaufbaues durch jeden Teilnehmer möglich. Weitere Zusatzeinrichtungen sind ein Lochstreifenempfänger, der die empfangene Impulskombination als entsprechend gestanzte Löcher auf einem Papierstreifen aufnimmt, und ein Lochstreifensender, der an Stelle der Tastatur den Sender unmittelbar steuert. Mit Hilfe dieser Einrichtung ist die maximal mögliche Übertragungsgeschwindigkeit (z. Z. 60 Baud) zu erreichen. Die Maschine wird im allgemeinen mit Ruhestrom betrieben. Die Zeichen sind daher Einfachstrom-Gleichstromimpulse. Für eine Übertragung erfolgt fast immer eine Umsetzung in Doppelstromimpulse (Gleichstromtelegrafie) oder in Wechselstromimpulse (\rightarrow Wechselstromtelegrafie). Die für Gleichstromtelegrafie notwendige Bandbreite beträgt 40 Hz, die unterhalb des Fernsprechfrequenzbandes bereitgestellt wird (Unterlageungsstelegrafie). Die Trennung der Kanäle erfolgt durch entsprechende Tief- und Hochpässe. Bei stark gestörten Übertragungswegen, z. B. drahtlosen Übertragungsstrecken, ist der verwendete 5er-Code ungünstig. Man verwendet auf derartigen Strecken höherwertige Codes (z. B. van-Duuren-Code mit 7 Schritten, Hamming-Code mit 9 und 10 Schritten), die eine Fehlererkennung bzw. Fehlerkorrektur gestatten. Für den Einsatz der Fernschreibmaschine in Datenübertragungsanlagen haben sich zyklische Codes bewährt.

Über Bild- und Faksimiletelegraphen \rightarrow Bildfunk.

Lit. Feilhauer: Die Fernmeldetechnik (Gießen 1953); Fülling: Fernschreib-Übertragungstechnik (München 1957); Lenzner: Fernschreibmaschinen und deren Zusatzgeräte (Berlin 1953); Schiweck u. Schomburg: Fernschreib-Vermittlungstechnik (Goslar 1962); Philippow: Taschenb. Elektrotechnik, Bd III (Berlin 1967); Bader: Einführung in die Fernschreibtechnik (Berlin 1964); Jagodin: Funkfern schreiben (dtsch Berlin 1964).

Telekobbalttherapiegerät, \rightarrow Gammatherapieeinrichtung.

Telemeter, swv. Entfernungsmesser, \rightarrow Entfernungsmessung.

Telemetrie, swv. \rightarrow Fernmessung.

Teleobjektiv (Tafel 54), Fernobjektiv, ein photographisches Objektiv mit einem Bildwinkel kleiner als 35° und mit langer Brennweite. Bei dem T. ist der Abstand zwischen Frontlinse und Bildebene kleiner als die Brennweite. Diese relativ kurze Bauweise wird durch Aufteilen des Objektivs in eine vordere, sammelnde (positive) und eine hintere, zerstreue (negative) Linsengruppe erreicht. Das positive Glied war früher meist das normale Kameraobjektiv, hinter dem mit einem besonderen Tubus das Telegenativ angebracht wurde. Die Länge des Tubus konnte zum Erzielen verschiedener Brennweiten veränderlich sein. Bei modernen T.en verzichtet man auf die Verwendung eines normalen Kameraobjektivs; beide Teile bilden ein Ganzes. T.e sind für Fernaufnahmen gebaut, eignen sich aber für alle Zwecke, in denen der Bildwinkel kleiner gewünscht wird, als er sich mit dem Objektiv normaler Brennweite ergibt, z. B. für Porträtaufnahmen mit der Kleinbildkamera oder Großaufnahmen bei der Kinematographie.

Langbrennweitige Objektive für Kleinbildkameras brauchen nicht nach dem Prinzip der T.e gebaut zu sein, werden aber oft, dem Verwendungszweck entsprechend, ebenso bezeichnet.

Telephonie, \rightarrow Telefonie.

Teleskop, \rightarrow Fernrohr, \rightarrow astronomische Instrumente, \rightarrow Radioteleskop.

Teletypesetter, \rightarrow Setzen.

Telexverkehr [englisch teleprinter-exchange, Fernschreibvermittlung], Teilnehmerwählver-

kehr, abg. **TW-Verkehr**, der unmittelbare Fernschreibverkehr über ein im allgemeinen gesondertes Nachrichtennetz (Telexnetz). Die Verbindung erfolgt über Hand- oder automatische Vermittlung. Zu diesem Zweck wird die Endstelle mit einem *Fernschaltgerät* ausgerüstet, das verschiedene Zusatzstasten und Signallampen und bei automatischen Netzen einen Nummernschalter enthält. Zur Kontrolle des richtigen Verbindungsaufbaues ist die Namegebertaste (\rightarrow Telegrafie) des Fernschreibers zu betätigen. Die Nachrichten können auch bei Abwesenheit der Teilnehmer empfangen werden.

Tellur, Symbol **Te**, chemisches Element aus der VI. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Chalkogene, ein Halbmetall; Ordnungszahl 52, Massenzahlen der Isotope 130, 128, 126, 125, 124, 122, 123 und 120, Atomgewicht (bezogen auf ^{12}C) 127,60, Wertigkeit meist IV, auch II und VI, D. $6,25 \text{ g cm}^{-3}$, F. 450°C , Kp. 1390°C ; 1798 von Klaproth entdeckt. T. bildet silberweiß glänzende, spröde Kristalle oder ein braunschwarzes Pulver. Es löst sich in oxidierenden Säuren, z. B. in konzentrierter Schwefel- und Salpetersäure, und in Alkalilösungen. Es ist eines der seltensten Elemente. Elementar kommt es zusammen mit Schwefel und Selen vor; etwas häufiger wird es in Form von Telluriden gefunden, meist an Gold, Silber, Blei, Kupfer und Wismut gebunden, z. B. im Nagyagit. Wichtigstes Ausgangsmaterial für die Gewinnung von T. ist der bei der Kupferelektrolyse anfallende Anodenschlamm. Ferner gewinnt man T. aus dem Nagyagit durch Aufschluß und anschließende elektrolytische Raffination. T. wird als Legierungsbestandteil (z. B. mit Blei, Kupfer und Gußeisen), zum Färben von Glas und Keramik und bei der Herstellung von Gummi verwendet. Einige Telluride, d. s. die Salze des Tellurwassertoffs H_2Te , dienen als Halbleiter.

Tellurometer, ein Mikrowellenentfernungsmesser, \rightarrow Streckenmessung.

Teimerisation, ein Verfahren der Lösungspolymerisation, bei dem sich radikalisch aufgespaltene Lösungsmittelmoleküle an die Enden des entstehenden Kettenmoleküls anlagern und somit einen Kettenabbruch bewirken. Es entstehen im wesentlichen nur niedermolekulare Produkte (*Teimerere*), deren Eigenschaften durch die angelagerten Endgruppen mitbestimmt werden. Die T. gewinnt in zunehmendem Maße an Bedeutung für die Gewinnung niedermolekularer Polymerisationsprodukte.

Tempa, Handelsname für einen keramischen Werkstoff auf der Basis von Magnesiumtitanat oder von Titanaten Seltener Erdmatalle. Je nach Zusammensetzung weist die Dielektrizitätskonstante einen Wert zwischen 15 und 50 auf. T. dient als Dielektrikum für Kondensatoren mit geringem Temperaturkoeffizienten der Kapazität, die beim Magnesiumtitanat meist schwach positiv ist und bei den Titanaten der Seltener Erdmatalle zwischen -50 und $-160 \cdot 10^6$ liegt.

Temperatur, 1) eine Zustandsgröße, die den Wärmezustand eines Körpers charakterisiert. Die T. darf nicht mit der Wärme, die eine Energieform darstellt, verwechselt werden.

Jeder Teil eines im thermischen Gleichgewicht befindlichen Körpers besitzt die gleiche T. Die kinetische Wärmetheorie verknüpft die T. mit der mittleren kinetischen Energie der Moleküle: Je größer die Bewegungsenergie der Moleküle ist, desto höher ist die T. des Körpers. Für nicht zu tiefe T.en gilt $\epsilon = \frac{1}{2} kT$, wobei ϵ = mittlere kinetische Energie je Freiheitsgrad, k = Boltzmannsche Konstante, T = absolute T. (s. u.). ϵ stellt ein natürliches Maß der T. dar.

Zur Messung der T. können alle temperaturabhängigen Eigenschaften der Stoffe, wie Wärmeausdehnung, Änderung des elektrischen Wider-

standes, Ausbildung einer thermoelektrischen Spannung, als Meßprinzip verwendet werden. Ferner kann die T. eines Körpers aus dem Charakter der emittierten elektromagnetischen Strahlung ermittelt werden (Farbtemperatur, → Temperaturmeßfarben). Temperaturmeßgeräte sind die → Thermometer. Mit dem in der keramischen Industrie verwendeten → Segerkegel ist eine angenäherte Temperaturmessung möglich.

Die **thermodynamische T.** ist unabhängig von jeglicher Materialeigenschaft definiert. Die Einführung dieses Temperaturbegriffs stützt sich allein auf die Hauptsätze der Wärmelehre, die auch die Existenz einer unteren, nie zu erreichenden Temperaturgrenze verlangen (3. Hauptsatz oder Nernstscher Wärmesatz). Die von diesem absoluten Nullpunkt ($-273,15^\circ\text{C}$) aus gezählte thermodynamische T. wird auch **absolute T.** genannt. Da bei einem Carnotschen Kreisprozeß sich die umgesetzten Wärmemengen wie die zugehörigen absoluten T. verhalten ($Q_1/Q_2 = T_1/T_2$), kann die T. allein durch Messung von Wärmemengen oder nach dem 1. Hauptsatz der Wärmelehre durch Messung mechanischer Energie bestimmt werden. Die absoluten Temperaturskalen (→ Kelvinskala, → Rankineskala) unterscheiden sich nur um einen Meßfaktor. 1954 hat die 10. Generalkonferenz des Comité Consultatif de Thermométrie die Einheit der Kelvinskala, den Grad Kelvin ($^\circ\text{K}$) definiert, indem der Tripelpunkt des Wassers als Fixpunkt die T. $273,15^\circ\text{K}$ zugeordnet bekam. Die internationale Temperaturskala wurde 1927 von der 7. Generalkonferenz für Maß und Gewicht durch 6 Fixpunkte und mit Hilfe dreier, für unterschiedliche Temperaturbereiche bestimmter Meßverfahren definiert und 1948 auf Grund genauerer Meßergebnisse nochmals überarbeitet. Die ursprünglich auf die Ausdehnung des Quecksilbers bezogene Celsiuskala wurde korrigiert, so daß sie sich nunmehr innerhalb der erzielbaren Meßgenauigkeit nur um eine Verschiebung des Nullpunktes von der Kelvinskala unterscheidet: $T(^\circ\text{K}) = 273,15 + t(^\circ\text{C})$. Dabei ist t das Formelzeichen für Temperaturangaben in der internationalen Skala und der Grad Celsius ($^\circ\text{C}$) die zugehörige Einheit. Da letztere mit der Einheit der Kelvinskala identisch ist, werden Temperaturdifferenzen einfach in Grad (Kurzz. grad) angegeben.

Die **kritische T.** bezeichnet die T., auf die ein Gas mindestens abgekühlt werden muß, wenn es durch den Druck verflüssigt werden soll.

Lit. Lange: Tiefste T.en (Leipzig 1964); Laporte: Messung, Erzeugung und Konstanthaltung hoher bis tiefer T.en (Leipzig 1961); Liebers: Temperaturmessungen (Berlin 1965).

2) **Lufttemperatur**, das Maß für den Wärmezustand der Luft, gemessen mit dem Thermometer. Die absolute Höhe der T. sowie ihre Veränderungen im Tages- und Jahreslauf hängen in erster Linie vom Sonnenstand ab, in zweiter Linie von der physikalischen Beschaffenheit der Erdoberfläche. Im täglichen Temperaturgang tritt auf der ganzen Erde ziemlich gleichmäßig der Höchststand gegen 14 bis 15 Uhr ein, der Tiefststand infolge der ziemlich gleichmäßig wirkenden Ausstrahlung etwa um die Zeit des Sonnenaufgangs. Die periodische Tagesschwankung der Lufttemperatur beträgt auf dem offenen Ozean nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ grad, steigt aber im Inneren der Festländer bis auf 20 grad und darüber und erreicht in Wüsten sogar 40 grad. Der jährliche Temperaturgang ist in den verschiedenen Klimazonen sehr verschieden (→ Klima).

Die Lufttemperatur nimmt mit der Höhe im allgemeinen ab. Bleibt sie mit zunehmender Höhe gleich, so herrscht Isothermie, nimmt sie dagegen zu, so spricht man von einer → Inversion. Das Lufttemperaturgefälle auf 100 m Höhen-

unterschied heißt **vertikaler Temperaturgradient** und beträgt in der Troposphäre etwa $0,6\text{ grad}/100\text{ m}$; er ist größer in kalten, kleiner in warmen Luftmassen. Der Gleichgewichtszustand der Atmosphäre hängt von ihrer Temperaturschichtung ab, d. h. davon, wie sich ihre T. mit zunehmender Höhe ändert, bzw. wie groß der vertikale Temperaturgradient ist. Liegt er unter dem **adiabatischen Temperaturgradienten** von $1\text{ grad}/100\text{ m}$, dann herrscht in der Atmosphäre Stabilität, d. h., die Konvektion wird gehemmt, ist er größer, dann herrscht Labilität, d. h., die Konvektion wird gefördert.

Temperaturkoeffizient, der Koeffizient, der die relative Änderung einer physikalischen Größe bei einer Temperaturänderung um 1°C , bezogen auf den Wert dieser Größe bei der Temperatur von 0°C , angibt. Der T. α einer Größe A ist gegeben durch die Beziehung

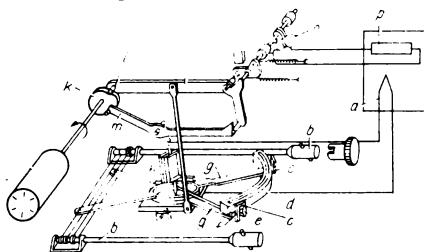
$$\alpha = \frac{A_t - A_0}{A_0 \cdot t} \quad (A_t = \text{Wert der Größe bei der Temperatur } t, A_0 = \text{Wert der Größe bei der Temperatur } 0^\circ\text{C}).$$

Es gibt T.en für den elektrischen Widerstand, für das Volumen, die Länge, den Druck usw. Für die idealen Gase sind die Koeffizienten der Druckänderung und Volumenänderung gleich ($\alpha = \frac{1}{273}$). Der T. für den elektrischen Widerstand der meisten chemisch reinen Metalle liegt zwischen $\frac{1}{200}$ und $\frac{1}{300}$, ist also von derselben Größenordnung wie der Ausdehnungskoeffizient der Gase. Der T. besitzt die Dimension grad^{-1} .

Temperaturmeßfarben, Verbindungen, die bei einer bestimmten Temperatur in eine andere Farbe umschlagen. Verwendet werden vor allem bestimmte Kobalt-, Nickel-, Chrom-, Vanadin-, Molybdän-, Kupfer- und Bleiverbindungen. Es gibt reversible T., die nach dem Abkühlen ihre ursprüngliche Farbe wieder annehmen, und irreversible T. Manche Verbindungen haben mehrere Umschlagpunkte und können entsprechend viele Temperaturbereiche anzeigen. Die T. werden mittels Farbstift (**Temperaturmeßfarbstifte**) oder mit dem Pinsel oder der Spritzpistole aufgetragen. Der Meßbereich erstreckt sich bis etwa 1300°C , bei den Temperaturmeßfarbstiften bis etwa 800°C . T. werden z. B. verwendet zur Bestimmung des Temperaturverlaufs an luftgekühlten Motoren, zur Temperaturmessung von Kolben und Lagern, zur Bestimmung der Temperaturverteilung an Heizplatten, zur Betriebskontrolle an Öfen, Kesseln u. a. In der DDR kommen T. unter dem Wz. Calocolor, in Westdeutschland unter dem Wz. Thermocolor in den Handel.

Temperaturregler, ein Gerät zum Einhalten eines bestimmten Temperatur-Sollwertes in Industrieöfen (z. B. Härteöfen), Vulkanisieranlagen, Kälteanlagen und in der Haushalttechnik (bei Heizkissen, Bügeleisen u. a.). Beim **Bimetall-Temperaturregler** biegt sich bei einer bestimmten Temperatur ein Bimetallstreifen so stark durch, daß der im elektrischen Heizkreis liegende Kontakt unterbrochen und der Strom abgeschaltet wird. Das Abkühlen des Bimetallstreifens bewirkt das Wiedereinschalten des Stromes. Dieses Prinzip wird z. B. im Thermostat oder im Brutschrank angewendet. Beim T. mit **Temperaturfühler** wird durch Ausdehnung eines Kupferwellrohres bei einer bestimmten Temperatur ein Ventil für die Gas- oder Dampfzufuhr geschlossen oder der Strom ein- oder ausgeschaltet. Der T. mit **Dampfspannungsthermometer** regelt die Wärmezufuhr durch Dampf oder Gas, die entsprechend ihrer Ausdehnung die Öffnung des Brennstoffbehälters über einen

Kolben ventilartig verschließen. Das **Fallbügelgerät** wird häufig in Industrieöfen verwendet. Es besteht aus einem an ein Thermoelement, ein Widerstandsthermometer oder ein thermoelektrisches Pyrometer angeschlossenen Dreh- oder Kreuzspulmeßwerk, zwei Fallbügeln (Tastarme), einer Quecksilberschaltzröhre und Kontakten. Liegt die Schaltzröhre zunächst in Einschaltstellung, so nähert sich mit steigender Temperatur der Meßwerkzeiger dem einen, auf die Solltemperatur eingestellten Tastarm. Mittels einer durch einen kleinen Synchronmotor angetriebenen Steuerscheibe und über einen Steuerarm wird der Tastarm in periodischen Zeitabständen von etwa 15 s frei auf- und niederbewegt. Trifft nun der Tastarm auf das durch Verbreiterung des Zeigers entstandene Zeigerdruckstück, so kann er sich nicht mehr frei nach oben durchbewegen. Dadurch wird der Steuerarm gezwungen, nach rechts unten zu schwenken, wodurch er die Schaltzröhre in die Ausschaltstellung kippt; der Stromkreis ist also unterbrochen, die Beheizung ausgeschaltet. Die Schaltzröhre wird durch einen Sperrhebel so lange in dieser Lage gehalten, bis der Zeiger durch die nun wieder sinkende Temperatur zurückgeht und der Tastarm wieder durchschwingen kann. Die Schaltzröhre kann nun in die Einschaltstellung zurückkehren, der Stromkreis wird geschlossen, und die Temperatur steigt wieder. Der zweite Tastarm schaltet den Strom dann aus, wenn der Zeiger infolge Bruchs des Thermoelements oder infolge Kurzschlusses in der Zuführungsleitung auf Null oder einen Wert zurückgeht, der nicht der wirklichen Temperatur im Ofen entspricht.



Fallbügelgerät. a Thermoelement, b Sollwerteinstellung, c Sollwertzeiger, d Zeigerstütze mit Temperaturskala, e Meßwerkzeiger, f Zeigerdruckstück, g verstellbare Tastarme, h Meßwerk, i Motor, k Steuerscheibe, l Gleitrolle, m Steuerarm, n Schaltzröhre (in Ausschaltstellung), p Heizwiderstand

Temperaturskala, → Temperatur, → Thermometer.

Temperaturstrahlung, svw. → Wärmestrahlung.

Temperguß, durch längeres Glühen (Tempern) von weiß erstarrenden (graphitfreien) Gußformstücken gewonnenes → Gußeisen. Durch das Tempern wird der Zementit Fe_3C zersetzt und der Kohlenstoff in elementarer Form als Temperkohle (Graphit) ausgeschieden (schwarzer T.). Bei Gegenwart von Eisenoxiden erhält man den **weißen T.**, der je nach Werkstückdicke eine mehr oder weniger stark entkohlte, rein ferritische Zone an der Oberfläche aufweist. Im Inneren liegen Temperkohle, Ferrit und Perlit vor. Die Herstellung von schwarzem T. erfordert weniger Glühauwand, seine mechanischen Eigenschaften sind gleichmäßiger; weißer T. ist korrosionsfester. Gegenüber dem spröden und unbearbeitbaren Temperrohguß ist T. verhältnismäßig weich und leicht bearbeitbar, je nach seiner Zusammensetzung in beschränktem Maße auch schmiedbar. T. wird verwendet zur Herstellung von Schraubenschlüsseln, Schlössern,

Schlüsseln, Ketten, Rohrmuffen, Fittings, Motorgehäusen, Kurbelgehäusen, Bremstrommeln u. a.

Lit. Poetter: T. (Berlin 1954).

Tempern, → Temperguß.

Tender, 1) ein von einer Dampflokomotive mitgeführtes Fahrzeug, das in einem Kasten das Wasser für die Dampferzeugung und darüber die Kohlen für die Heizung enthält.

2) ein kleines Schiff, das Verbrauchsstoffe (Treiböl, Proviant, Wasser u. a.) für einen Kriegsschiffsverband oder ein einzelnes Schiff, z. B. ein Forschungsschiff, befördert.

Tennantit, → Fahlerze.

Tenside, svw. → grenzflächenaktive Stoffe.

Tensometer, → Dehnungsmesser.

Tensor m, Affinor, ein Begriff der Mathematik, Physik und Technik, eine Verallgemeinerung des Vektorbegriffes (ein Vektor ist ein T. erster Stufe, ein Skalar ein T. nullter Stufe). T.en haben die Form eines Schemas. Zu T.en höherer (zweiter) Stufe führt die Betrachtung von *linearen Vektorfunktionen*. Sind die drei Komponenten v_x, v_y, v_z eines Vektors v lineare homogene Funktionen der Komponenten w_x, w_y, w_z eines Vektors w

$$v_x = t_{11}w_x + t_{12}w_y + t_{13}w_z$$

$$v_y = t_{21}w_x + t_{22}w_y + t_{23}w_z$$

$$v_z = t_{31}w_x + t_{32}w_y + t_{33}w_z$$

so nennt man das quadratische Koeffizientenschema

$$\begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{pmatrix}$$

einen T. *zweiter Stufe (Dyade)*. Die Konstanten t_{ik} heißen die Komponenten des T.s. Ist $t_{ik} = t_{ki}$, so spricht man von einem *symmetrischen T.*, im Falle $t_{ik} = -t_{ki}$ von einem *schief- oder antisymmetrischen T.* Die Komponenten eines T.s zweiter Stufe haben zwei Indizes, die eines T.s dritter Stufe drei usw.

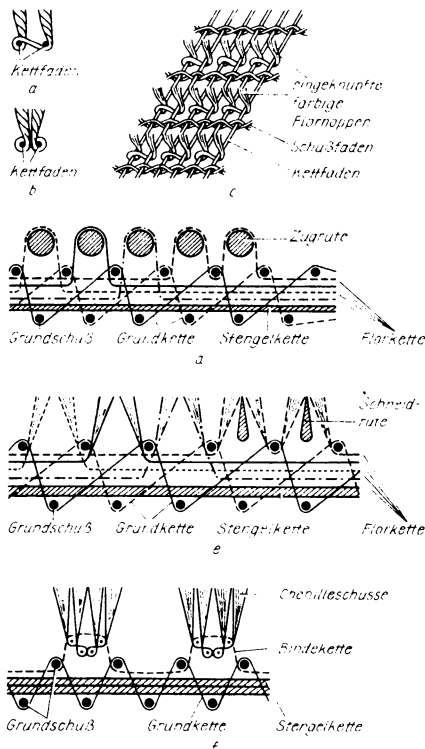
Der Begriff des T.s ist sehr verallgemeinerungsfähig und auch auf Größen anwendbar, die sich auf einen Raum von beliebig vielen Dimensionen beziehen. Die T.en sind besonders für die mathematische Behandlung physikalischer Probleme von grundlegender Bedeutung und werden z. B. in Elastizitätstheorie, Kristallphysik, Relativitätstheorie angewendet.

Tephrit, ein → Basalt.

Teppich, ein Fußbodenbelag oder Wandbehang von meist abgepaßter Länge und Breite aus Wolle, Haaren, Naturseide oder Chemiefasern, oft mit farbig gemusterter Oberseite. Man unterscheidet maschinell hergestellte und handgefertigte T.e.

1) Maschinell hergestellte T.e. a) Gewebte T.e. werden auf Webmaschinen hergestellt (Tafel 35). Beim **Brüsseler T.** wird in ein Grundgewebe mit Jute in der Kette und Leinen im Schuß die farbige Polkette aus Haargarn über lange Zugruten mittels Jacquardmaschine eingewebt. Nach Herausziehen der Ruten bilden die Polfäden regelmäßige Schleifen (Schlingen). Qualitativ besser ist der **Boucléteppich**, bei dem grobes Haargarn über Zugruten in Form von Schlingen eingewebt ist. Beim **Tournayteppich (Wiltonteppich)** werden die Schlingen beim Herausziehen der mit einem kleinen Messer versehenen Schneidruten aufgeschnitten und bilden einen plüschartigen Flor. Im **Axminsterteppich** ist in ein Grundgewebe aus Jute, Baumwolle oder Leinen farbige, flor- und musterbildende Chenillewarpe (Chenilleraupen) als Schuß eingebunden. Beim **Druckteppich** sind die vor dem Verweben auf Drucktrommeln muster gemäß bedruckten Polkettfäden (Kettdruck) über Zugruten (Tapestryteppich) oder Schneidruten (T. mit Tapestry-Velour) mittels Schaftmaschine in ein Grundgewebe eingewebt.

In der DDR stellt man in einem neuen Verfahren **Wirkteppiche** auf Spezialraschelmaschinen her. Dabei werden Polfäden von den Maschinen des sehr dichten Grundgewirkes eingebunden, jedoch nicht mit zur Masche geformt. Die so entstandene Doppelware wird aufgeschnitten, und es entstehen zwei strapazierfähige Plüschwirkteppiche mit dichter Flordecke. Die Rückseite der Teppiche wird mit einem Kleber verfestigt.



Teppich: a Perserknoten, b Smyrnaknoten, c Knüpfteppich mit Perserknoten, d Brüsseler Teppich, e Tournayteppich, f Axminsterteppich

Der **Tuftingteppich** wird nach einem neueren amerikanischen Verfahren hergestellt. Von nach dem Nähmaschinenprinzip arbeitenden Nadelmaschinen mit vielen Arbeitsstellen nebeneinander werden in Längsrichtung eines Jutegewebes Schlingen bildende Polfäden auf der ganzen Gewebebreite gleichzeitig eingenäht (Schlingenware), die auch im gleichen Arbeitsgang aufgeschnitten werden können und dann einen Flor bilden (Velourteppich). Die Rückseite der auch mehrfarbig gemusterten T.e wird mit Latex oder Kunstharz beschichtet, um den Polfäden im Grundgewebe Halt zu geben.

Neuerdings werden T.e auch durch → Beflocken oder nach verschiedenen Klebverfahren hergestellt. Bei letzteren werden z. B. parallele Fäden in Schlingen gelegt und diese auf der Teppichrückseite mit einem Kleber fixiert.

2) Handgefertigte T.e werden geknüpft (hierzu gehören fast alle orientalischen T.e, z. B. Perser-, Smyrna-, Schirasteppiche) oder geflochten (z. B. Kelim- oder Karamanteppiche, Sumakteppiche).

Lit. Hildebrand: Der persische T. und seine Heimat (Zürich 1951); Neugebauer u. Troll: Handb. der orientalischen Teppichkunde (3. Aufl. Wien 1941); Das große Orientteppichbuch (Nördlingen 1962).

Tera, Kurzz. T, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^{12} (Billion), z. B. **Tera-watt**, Kurzz. TW, = 10^{12} W.

Terbium, Symbol Tb, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Reinelement, Schwermetall; Ordnungszahl 65, Atomgewicht 158,924 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, seltener IV, F. $\approx 1500^\circ\text{C}$, Kp. $\approx 2800^\circ\text{C}$; 1843 von Mosander aus den Yttererden isoliert. T. ist blaugrau und kommt in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Man verwendet T. nur in Form von → Zermischmetall.

Terephthalsäure, **Benzol-p-dikarbonsäure**, $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$, eine aromatische Dikarbonsäure, die der Phthalsäure isomer ist. T. bildet farblose Nadeln (F. 425°C in geschlossenem Rohr). Technisch gewinnt man T. durch Oxydation von p-Xylol mit Salpetersäure oder Luft. Der Dimethylester der T. dient zur Herstellung von Polyesterfaserstoffen, Folien und Lacken.

Term m, 1) Mathematik: ein für sich stehendes Glied einer mathematischen Formel, z. B. ein Summand oder ein Faktor.

2) Physik: das Energieniveau eines quantenmechanischen Systems, z. B. eines Atoms oder Moleküls.

Terpene, eine weitverbreitete Klasse von Kohlenwasserstoffen, deren Zusammensetzung meist einem Vielfachen von C_5H_8 (der Formel des Isoprens) entspricht. T. sind Bestandteile zahlreicher ätherischer Öle und natürlicher Harze. Vor allem sind sie in den Koniferen und den Rautengewächsen vorhanden. Bei den **Monoterpenen**, die aus zwei miteinander verknüpften Isoprenresten (10 Kohlenstoffatome) aufgebaut sind, unterscheidet man: a) azyklische T., die offene ungesättigte Kohlenstoffketten aufweisen, z. B. die Terpenalkohole → Geraniol und → Linalool und der Terpenaldehyd → Ziträ; b) monozyklische T., denen das p-Menthan zugrunde liegt, z. B. → Limonen und die Terpenalkohole → Terpeneole und → Menthol; c) bicyklische T., bei denen das mittlere Kohlenstoffatom der Isopropylgruppe des Menthans mit einem Kohlenstoffatom des Cyclohexanringes verbunden ist, so daß ein zweiter Ring entsteht wie bei dem zur Pinangruppe (Isopropylgruppe in m-Stellung) gehörenden → Pinen, bei dem sich von der Kamphangruppe (Isopropylgruppe in o-Stellung) ableitenden Keton → Kampher oder dem Alkohol → Borneol und bei dem sich von der Karangruppe (Isopropylgruppe in o-Stellung) ableitenden Keton Karon. Aus drei Isoprenresten (15 Kohlenstoffatome) aufgebaute T. bezeichnet man als **Sesquiterpene**. Als azyklische Verbindung gehört zu ihnen z. B. Farnesol (Vorkommen im Öl der Moschuskörner, in den Blütenölen der Maiglöckchen u. a.), als monozyklische das Bisabolen (im Zitronenöl) und als bicyklische Verbindungen Kadinen (im Zedern-, Kamillen-, Pfefferminz- und Zitronenöl) und Guajol (im Guajakholz). Zu den **Diterpenen**, die aus vier Isoprenresten (20 Kohlenstoffatome) aufgebaut sind, gehören der azyklische, einfach ungesättigte Alkohol Phytol (im Chlorophyll), das monozyklische Kamphoren (im Kampheröl) und die trizyklische → Abietinsäure. **Triterpene** bestehen aus sechs Isoprenresten (30 Kohlenstoffatome). Zu ihnen zählen das azyklische Dihydrotriterpen Squalen (Bestandteil des Hai-fisch-leberöls) und die pentacyklischen Saponine und Sapogenine, die z. T. als Glykoside auftreten.

Terpentin n, ein Balsam, der beim Verletzen der Rinde von Nadelhölzern (Kiefer, Lärche, aber auch Tanne, Fichte, Pistazie) als honigartige, klebrige Masse ausfließt. Durch Wasserdampfdestillation wird **Terpentinöl** gewonnen, ein farbloses bis gelbliches, dünnflüssiges, eigen-

Terpineole

tümlich scharf riechendes ätherisches Öl. Es besteht vorwiegend aus Terpenen. Hauptsächlich wird es zum Lösen von Harzen, Ölen und Kautschuk, zur Bereitung von Lacken, Firnissen und Ölfarben, für chemisch-technische Erzeugnisse, z. B. Schuhkrem, ferner pharmazeutisch und als Ausgangsmaterial der Kampfergewinnung verwendet. Der Destillationsrückstand des T.s ist → Kolophonum.

Terpineole, $C_{10}H_{18}O$, fünf isomere monozyklische, ungesättigte Terpenalkohole. **α-Terpineol** ist eine schwach flüchtig riechende, kristalline Substanz (F. 36,9 °C), die in zahlreichen ätherischen Ölen, z. B. im Terpentinöl vorkommt. Synthetisch läßt es sich z. B. aus Geraniol gewinnen. Verwendet wird es in der Parfümerie.

Terrakotta *f.*, ein keramisches Erzeugnis (Irdenware) mit porösem, stark saugendem, nicht durchscheinendem, bei 900 bis 1000 °C vorwiegend braunrot gebranntem Scherben, meist ohne Glasur. T. wird besonders für Figuren und Simse (**Bauterrakotta**), aber auch für Haushalt- und Ziergegenstände verwendet.

Terrazzo *m.*, Zementmörtel, in den eine dichte Schicht von ein- oder mehrfarbigem, zerkleinertem und klassiertem Splitt aus schleif- und polierfähigen Natursteinen eingestampft ist, so daß die Steinchen vom Mörtel verkittet sind (TGL 117-0044 und 0045). Nach Erhärten des Mörtels wird der Splittbelag glattgeschliffen, meist geölt und geböhnt. T. wird hergestellt als Estrich (Schichtdicke etwa 20 mm), in Form von Platten für Fußböden, Wände, Podeste, Treppenstufen u. a.

terrestrisch, *svw.* dem Lande angehörig, auf dem Lande entstanden.

terrestrische Photogrammetrie, **Erdbildmessung**, ein Teilgebiet der → Photogrammetrie, das sich damit befaßt, die Erdoberfläche oder Objekte auf dieser auf erdfesten Standpunkten aus photographisch aufzunehmenden. Die photographischen Bilder oder → Meßbilder, in der t.n. P. als **terrestrische Bilder** oder **Erdbilder** bezeichnet, werden im allgemeinen mit dem → Phototheodolit aufgenommen.

Zur punktweisen Auswertung von Erdbildern werden → Stereokomparatoren verwendet, zur linienweisen Auswertung meist der speziell für die t. P. konstruierte Stereoaufograph (→ Stereoauswertegeräte).

Die t. P. wird hauptsächlich zur Kartenherstellung im Hochgebirge angewendet. Ferner dient sie z. B. zur Ermittlung der Abbaumassen in Braunkohletagebauen, für Architekturzwecke (Fassadenaufmaße) und für Sonderanwendungen der Ingenieurgeodäsie.

Lit. Maneck: Erdbildmessung (Halle 1950); → Photogrammetrie.

terrigen, *svw.* aus Festlandsmaterial entstanden. So können z. B. marine, d. h. im Meer gebildete Sedimente t.ter Herkunft sein.

Tertia, ein → Schriftgrad.

Tertiär, das untere System der Erdneuzeit (→ System, Tab.). Das T. gliedert sich in die beiden Abteilungen **Paläogen** und **Neogen**. Es war tektonisch eine Zeit erdumfassender Gebirgsbildungen (Orogenese): Pyrenäen, Alpen, Karpaten, Atlas, Apennin, Kaukasus und die Hochgebirge in Zentralasien wurden aufgefaltet. Im Zusammenhang damit belebte sich der Vulkanismus. Das Meer zog sich weiter zurück und gab weite Strecken zur Besiedlung durch festländische Tiere und Pflanzen frei. Besonders in Mitteleuropa wurden große Gebiete von Sumpfmoorwäldern bedeckt, die das Material für die Braunkohlenflöze lieferten. Viele Ablagerungen in damaligen Schelfgebieten führen Erdöl. Das Klima muß subtropisch gewesen sein, es kühlte sich allmählich ab. Am Ende des T.s herrschten

noch heute lebende Organismengattungen und -arten.

Terylene, → Chemiefaserstoffe, Übers.

TES, Abk. für Turbinenelektroschiff, → Elektroschiff.

Tesla, Kurz. **T**, nach dem kroatischen Physiker N. Tesla benannte gesetzliche Einheit der magnetischen Induktion (magnetische Flußdichte). Das T. ist die magnetische Induktion eines homogenen magnetischen Flusses, der eine Fläche von 1 Quadratmeter senkrecht mit der Stärke 1 Weber (Wb) durchsetzt. $1 \text{ T} = 1 \text{ Wb m}^{-2} = 1 \text{ Vs m}^{-2} = 1 \text{ kg s}^{-2} \text{ A}^{-1}$. **Millitesla**, Kurz. **mT**, $= 10^{-3} \text{ T}$.

Teslaströme, die nach ihrem Entdecker, dem kroatischen Physiker Tesla benannten Wechselströme von hoher Spannung und hoher Frequenz. T. werden mit dem **Teslatransformator** erzeugt (Abb.). Der mit einem Transformator T erzeugte Wechselstrom hoher Spannung lädt einen Kondensator C auf, und der darauf an einer Funkenstrecke F entstehende Funke regt während der Entladung einen aus der Kapazität C und der Induktivität L_1 bestehenden Schwingkreis zu hochfrequenten Schwingungen an. Dieser Vorgang (stark gedämpfte Schwingungen des aus C und L_1 bestehenden Kreises) findet also während jeder Halbwelle des von T abgegebenen Wechselstromes statt. L_1 hat nur wenige Windungen und induziert in einer aus vielen Windungen bestehenden Spule L_2 eine nochmals hoch transformierte Spannung. Die T. äußern sich durch blaue Funkengarben an den Enden der Sekundärspule und durch Aufleuchten in der Nähe befindlicher Gasentladungsröhren und Glimmlampen. Auf der hohen Frequenz beruht ihre geringe physiologische Wirkung, weil sie nur auf der Körperoberfläche fließen (→ Skin-Effekt) und zum anderen als Wechselströme auch keine elektrolytischen Zersetzungen hervorrufen können. T. werden daher in der Medizin angewendet.

Teslatransformator, → Teslaströme.

Testosteron, → Sexualhormone.

Testsatellit, → Erdsatellit.

Tetra, → Kohlenstofftetrachlorid.

Tetrachlorkohlenstoff, *svw.* → Kohlenstofftetrachlorid.

Tetrachlormethan, *svw.* → Kohlenstofftetrachlorid.

Tetraeder, **Vierflächner**, ein von vier kongruenten, gleichseitigen Dreiecken begrenzter regelmäßiger Körper (Abb. → Körper).

Tetraedit, → Fehlerze.

tetragonal, → Kristall.

1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin, **Tetralin**, Wz. (WD), eine farblose Flüssigkeit (Kp. 208 °C). Man gewinnt T. durch katalytische Druckhydrierung von Naphthalin. Verwendet wird es als Lösungsmittel, z. B. für Kautschuk, Lacke, Jod und Schwefel, sowie als Zusatz zu Motorkraftstoffen.

Tetralin, Wz., → 1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin.

Tetralöcher, → Handfeuerlöcher.

Tetramethyldiamin, ein → Diamin.

Tetrander, ein → Mikrotom.

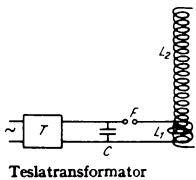
Tetracykline, eine Gruppe Antibiotika mit sehr ähnlicher Struktur und Wirkung, die aus Streptomyces-Arten gewonnen werden. Zu ihnen gehören **Chlortetracyclin**, **Oxytetracyclin** und das **Tetracyclin** im engeren Sinne. Diese T. werden z. B. bei Hautinfektionen, Lungenentzündung, Typhus und Infektionen der Harnwege verwendet. In der Tierernährung wirken sie als Zusatz zu Futtermitteln wachstumsfördernd.

Tetrode, eine → Elektronenröhre.

Taufe, im Bergbau *svw.* Tiefe. **Teufen**, **abteufen**, einen Schacht niederbringen.

tex, → Text-System.

Texoprintverfahren, ein Verfahren zur Herstellung von Kopiervorlagen von Schriftsatz



für den Tief- und Offsetdruck. Der Satz wird hierzu mit tiefschwarzem, mattem Speziallack überspritzt und dieser dann mit einem Tampon von der Schriftoberfläche wieder entfernt, wodurch die Schrift als silbriges Negativ auf schwarzem Hintergrund sichtbar wird. Den so präparierten Satz fotografiert man mittels einer Spezialkamera auf Texoprintfilm, entwickelt, löst die unbelichtete Gelatine in heißem Wasser und färbt das entstehende flache Relief mit Spezialfarbe ein.

Tex-System, Kurzz. Tt, ein internationales System zum Kennzeichnen der → Feinheit in der Textilindustrie. Es wird seit 1958 stufenweise eingeführt. Die Haupteinheit ist das **tex**, sie

wird für Fäden verwendet; $1 \text{ tex} = \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ m}}$.

Für Fasern und Elementarfäden gilt das **Millitex**, $1 \text{ mg} = \frac{1 \text{ mg}}{1000 \text{ m}}$.

Kurzz. mtex; $1 \text{ mtex} = 10^{-3} \text{ tex} = \frac{1 \text{ mg}}{1000 \text{ m}}$.

Für Faserbänder, Seile u. ä. gilt das **Kilotex**, $1 \text{ kg} = \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ m}}$.

Kurzz. ktex; $1 \text{ ktex} = 10^{-3} \text{ tex} = \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ m}}$.

Text, ein → Schriftgrad.

Textilfärberei, ein Zweig der Textiltechnik, umfaßt das Auf- oder Einbringen von Farbstoffen auf oder in lose Fasern (Flocke), Fäden, Kammzug, Gewebe, Gewirke, Gestricke, Strümpfe u. a. Die besonderen Gegebenheiten der Färbertechnik haben zur Entwicklung von speziellen Färbearraturen und -maschinen geführt. Beim **Färbearratur** ruht das Textilmaterial, während die Färbeflotte durch das Färbgut zirkuliert. Bei der **Färbemaschine** ist die Flotte in Ruhe, und das Färbgut wird in Bewegung gehalten.

Beim Färben in der Flocke werden die losen Fasern in den Färbearratur eingepackt, und die Flotte wird mit einer Pumpe wechselseitig durch den Faserblock hindurchgepreßt.

Garne und Seiden werden hauptsächlich in Strangform auf Kreuzspulen gefärbt. In **Stranggarnfärbemaschinen** werden die Stränge auf oberhalb der Flotte angeordnete Arme gehängt, die sich um ihre Achse drehen und zugleich eine auf- und abwärtsgehende Bewegung ausführen. **Spritzfärbearraturen** haben perforierte Rohre als Arme, durch die die Flotte gepumpt wird; sie läuft von den Strängen in den Flottenbehälter zurück. In bestimmten Zeitabständen werden die Stränge gedreht. Bei **Stranggarnfärbearraturen** werden die in Materialträgern zwischen zwei Metallschienen hängenden Stränge in den Apparat eingesetzt, in dem die zirkulierende Flotte die ruhende Ware durchströmt. **Kreuzspulfärbearraturen** sind meist in der Weise ausgebildet, daß die Kreuzspulen mit perforierten Hülsen auf perforierte Metallspindeln oder Dreikantspindeln aufgesteckt werden. Im Färbearratur wird die Flotte mittels Pumpe abwechselnd von innen nach außen und umgekehrt durch die Spulen gedreht oder gesaugt. Auf perforierte Hülsen gewickelter Kammzug wird im Prinzip wie Fäden auf Kreuzspulen gefärbt.

Gewebe, Gewirke und Gestricke, vorwiegend aus Wolle und Halbwolle, werden meist auf der **Haspelkufe** gefärbt. Oberhalb der Flotte enthaltenden Kufe ist eine Haspel angebracht. Der an den Enden zusammengeheftete Stoff wird als Strang von der sich drehenden Haspel durch die Färbeflotte bewegt. Beim **Jigger** zum Färben von Gewebe im ausgebreiteten Zustand befinden sich oberhalb der Kufe (Chassis) zwei Aufwickelwalzen für den Stoff. Von der einen Walze läuft das Gewebe ab, wird über kleine Führungswalzen im Chassis durch die Flotte geführt und von der Aufwickelwalze aufgewickelt. Die Laufrichtung wird wiederholt gewechselt, bis die gewünschte Farbtiefe erreicht ist. Der

Foulard erfordert bei konzentrierter Farbstofflösung und engem Flottenverhältnis nur kurze Färbedauer und ermöglicht kontinuierliches Arbeiten. Oberhalb eines kleinen Troges (Chassis) befinden sich Quetschwalzen. Der Stoff wird über Führungswalzen im Chassis durch die Flotte und dann durch die Quetschwalzen geleitet. Die **Rollenkufe** hat ein Chassis für größere Flottenmenge, durch das der Stoff in mehreren Schleifen mittels Leitwalzen geführt wird. **Kontinuierfärbearraturen** bestehen aus einem oder mehreren Foulards, die mit Rollenkufen, Dämpfer und Trockner so kombiniert sind, daß die je nach Färbverfahren unterschiedlichen Arbeitsgänge, wie Färben, Entwickeln des Farbstoffs, Spülen, Nachwaschen, Trocknen, kontinuierlich erfolgen können.

Neuzeitliche Färbemaschinen und -apparate arbeiten automatisch. Besseres Durchfärben kann bei Schall- oder Wechselstromanwendung erzielt werden. Die Hochtemperaturfärberei bei Temperaturen über 100 °C wird besonders für Synthefaserstoffe angewendet.

Das Hauptproblem bei der T. ist die Erzielung einer guten Haftfestigkeit (Echtheit) des Farbstoffes auf der Faser. Daher wurden für die strukturell z. T. sehr verschiedenen Faserarten spezielle Färbverfahren und Farbstoffklassen entwickelt.

In der **Kleiderfärberei**, vorwiegend für Halbwolle, werden spezielle Farbstoffmischungen aus Direkt- und Säurefarbstoffen verwendet.

Färbungen werden nach ihren **Echtheiten** beurteilt. Die Lichtechtheit wird mit den Noten 1 (sehr schlecht) bis 8 (hervorragend) bewertet, bei den übrigen Echtheiten (Wasser-, Wasch-, Schweiß-, Bügel-, Reibechtheit usw.) erfolgt eine Bewertung mit 1 bis 5.

Lit. Grünert: Maschinen und Technologie der Naßveredlung von Zellulosefaserstoffen (Berlin 1956); Nitschke: Chemische Technologie und Praxis der Färberei (2 Bde Berlin 1954 u. 1958); Schaeffer: Chemie der Farbstoffe und deren Anwendung (Dresden u. Leipzig 1963); Ulbricht: Färberei (Leipzig 1957); Weyrich: Das Färben und Bleichen von Textilfasern in Apparaten (Berlin 1956).

Textilfaserstoffe, der Sammelbegriff für Fasern und für Elementarfäden. Es gibt Natur- und Chemiefaserstoffe. Bei den **Naturfaserstoffen** unterscheidet man 1) Pflanzenfaserstoffe, eingeteilt in a) Samenfasern: Baumwolle, Kapok, Akon; b) Stengelfasern (Weichfasern): Flachs, Hanf, Jute, Ramie, Nessel, Kenaf, Ginster; c) Blattfasern (Hartfasern): Sisal, Abaka (Manila), Yucca, Typha; d) Fruchtfasern: Kokos; e) sonstige Pflanzenfasern: Torffasern, Holz, Stroh, Rohr, Weidenruten. Die Stengelfasern, im weiteren Sinne auch die Blatt- und Fruchtfasern werden vielfach auch als Bastfasern bezeichnet. 2) Tierfaserstoffe werden eingeteilt in a) Wollen und Haare: Schafwolle, Ziegen-, Kamel-, Alpaka-, Kanin-, Rinder-, Roß-, Menschenhaare; b) Naturseiden: Maulbeerspinnerseide (Bombyxseide), wilde Seiden (Tussahseiden); 3) Mineralfaserstoffe: Asbest.

Die **Chemiefaserstoffe** werden aus natürlichen sowie aus synthetisch erzeugten organischen und auch anorganischen Polymeren hergestellt. Weiteres → Chemiefaserstoffe.

Zu den T.n können auch Gummifäden, Drähte, Metallfasern, Bast, Streifen (z. B. Papierstreifen) u. a. gezählt werden, wenn sie textil verarbeitet werden.

Lit. Gessner: Naturfasern – Chemiefasern (Leipzig 1955); Haussner: Faseratlas (6. Aufl. Leipzig 1962); Herzog: Mikrophotographischer Atlas der technisch wichtigen Pflanzenfasern (2. Aufl. Berlin 1955); Lorenz: Abriß der Faserstoffchemie (2. Aufl. Leipzig 1956); Schwerdtner: Chemische und physikalische Grundlagen textiler F. (Berlin 1955); Textile F. (2. Aufl. Leipzig 1967); Ztschr.: Faserforschung und Textiltechnik (Berlin); Deutsche Textiltechnik (Leipzig); TGL 0-60000, 0-60002.

Textilien

Textilien, aus → Textilfaserstoffen nach verschiedenen Verfahren der → Textiltechnik hergestellte Fäden, Gewebe und andere textile Stoffe sowie daraus angefertigte Bekleidung, Erzeugnisse für Haushalt oder zur technischen Verwendung.

Lit. Baier: Umgang mit Textilwaren (Leipzig 1958), Textilwarenkunde für Verkäufer (4. Aufl. Leipzig 1959); Naupert: Textilfachkunde (Leipzig TI 1 10. Aufl. 1958, TI 2 9. Aufl. 1959, TI 3 4. Aufl. 1955); Senf: Werkstoffkunde der T. (TI 2 Berlin 1954); Bekleidungsfertigung (Bd 1 Berlin 1959). Ztschr.: Faserforschung und Textiltechnik (Berlin); Deutsche Textiltechnik (Leipzig).

Textiltechnik (Tafel 35), die Technik der Verarbeitung von Textilfaserstoffen zu Textilien. Wichtige Zweige der T. sind → Spinnerlei, → Weberei, → Wirkerei, → Strickerei u. a. sowie die → Textilveredlung einschließlich → Textilfärberei und -druckerei. In neuerer Zeit wurden Technologien zur Herstellung von Stoffen entwickelt, die eine bedeutende Einsparung an Zeit und Material gegenüber den klassischen Textiltechnologien bedeuten, z. B. → Skelan, → Malimo.

Lit. → Textilien.

Textilveredlung, Bezeichnung für alle Prozesse, die der Werterhaltung oder Wertsteigerung von Textilmaterialien (Garne, Gewirke, Gewebe, Faservliese u. a.) dienen, z. B. das Abkochen (Beuchen), Bleichen, Entschlichten, Entbasten und Beschweren von Naturseide, das Merzerisieren, Karbonisieren, Walken, Waschen, Färben und Drucken sowie alle Verfahren der Appretur.

Textur, → Gefüge.

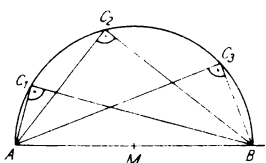
TFH, → Fernwirktechnik.

TGL, häufig in der Schreibweise $\overline{\text{TGL}}$, ursprünglich Abkürzung für Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen, jetzt nur noch Symbol für die DDR-Standards und die ab 1960 herausgegebenen Fachbereichstandards (→ Standards). Bei den letztgenannten wird dem Symbol die Nummer des jeweiligen Fachbereichs in der Standardisierung hinzugefügt.

Lit. TGL-Taschenbücher, hg. vom Amt für Standardisierung der DDR Berlin (Leipzig, seit 1962).

Th, Symbol für → Thorium.

Thales-Satz, **Satz des Thales**, der dem griechischen Mathematiker und Philosophen Thales von Milet (um 624–547 v. u. Z.) zugeschriebene Satz, wonach jeder Umfangswinkel im Halbkreis (über dem Durchmesser) 90° beträgt.



Kreis des Thales

Thallium, Symbol **Tl**, chemisches Element aus der III. Hauptgruppe des Periodensystems, Schwermetall; Ordnungszahl 81, Massenzahlen der Isotope 205 und 203, Atomgewicht 204,37 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, III, D. 11,83 g cm^{-3} , F. $302,5^\circ\text{C}$, Kp. 1457°C ; 1861 von Crookes im Bleikammerschlamm entdeckt. T. ist ähnlich dem Blei weich, weißglänzend und zäh. An feuchter Luft läuft es grau an und wird daher meist unter Glyzerin aufbewahrt. T. und seine Verbindungen sind giftig. In der Natur findet sich T. häufig, aber stets nur in kleinen Mengen im Pyrit – oft zusammen mit Kupfer und Zink –, in Kalisalzen, Glimmern und Buntmetallerzen. Beim Abrösten thalliumhaltiger Sulfide erhält man aus dem Flugstaub mit Salzsäure Thallium(I)-chlorid, aus dem man elektrolytisch reines T. gewinnt. Man verwendet T. hauptsächlich als Legierungsmetall, z. B. mit Quecksilber zur Herstellung von Tieftemperaturthermometern. Einige

Verbindungen des T.s, z. B. **Thallium(III)-sulfat**, dienen zur Bekämpfung von Nagetieren. **Thallium(I)-karbonat** zeichnet sich durch ein sehr großes Brechungsvermögen aus und wird zur Herstellung von Thalliumflintglas verwendet.

Theaterama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Theatermaschine, svw. Filmprojektor, → Bildwerfer.

Thein, svw. → Koffein.

Themakarten, **thematische Karten**, früher auch **angewandte Karten**, Bezeichnung für → Karten mit speziellem Inhalt. **Topographische T.** in großen Maßstäben werden auf der Grundlage topographischer Karten im Gelände aufgenommen (thematische Landesaufnahmen: geologische, bodenkundliche und Vegetationskartierungen). **Chorographische T.** in kleinen Maßstäben werden nach statistischem und anderem Beobachtungsmaterial und nach Literaturangaben bearbeitet, z. B. Karten der Bevölkerungsverteilung, Wirtschaftskarten, geophysikalische Karten, geologische Karten, Klimakarten und Vegetationskarten; sie sind Bestandteil vieler Weltatlanten und werden zu Spezialatlanten vereinigt (National- oder Regionalatlanten, Wirtschafts- und Bevölkerungsatlanten). Wanderkarten, Straßenkarten (Autokarten), Fliegerkarten (Luftfahrtkarten) und → Seekarten (nautische Karten) können zu Grundkarten des Verkehrs zusammengefaßt werden. Zu den T. gehört ferner die Gruppe der technischen Karten (Katasterkarten, Stadtpläne, Planungskarten, Forstkarten, → Wetterkarten u. a.). Bei der graphischen Gestaltung der T. kann man unterscheiden zwischen der Signaturmethode für lokalisierbare Objekte, der Punktmethode für Objektstreuung, der Flächenmethode für flächenhaft verbreitete Objekte, der Isolinienmethode zur Darstellung eines kontinuierlichen Wertefeldes und der Vektormethode. T. gewinnen für die Volkswirtschaft zunehmend an Bedeutung.

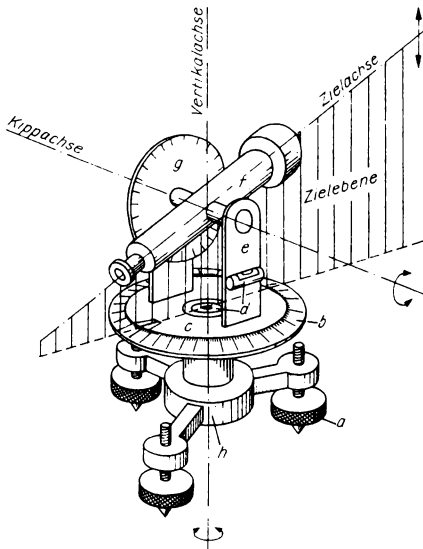
Lit. → Kartographie.

Thénards Blau, → Kobalt.

Theobromin, 3,7-Dimethylxanthin, das Hauptalkaloid der Kakaobohnen. Ferner kommt T. im Tee und in der Kolanuß vor. In der Medizin verwendet man es in Form seiner besser wasserlöslichen Doppelsalze (z. B. als Theobrominsalzyrat) vor allem als harntreibendes Mittel.

Theodolit, in der Geodäsie ein Gerät zur Messung von Horizontal- und Vertikalwinkeln. Der T. setzt sich zusammen aus dem Unterbau, der durch Verschraubung mit dem Stativ fest verbunden wird oder bei genauesten Winkelmessungen unbeweglich auf einem besonders vorgerichteten Pfeiler ruht, und dem Oberbau, der im Unterbau beweglich gelagert ist. Zum Unterbau gehört der **Dreifuß**, auf dessen drei Fuß- oder Stellschrauben das Gerät steht. Durch Drehen der Fußschrauben wird der T. vor der Messung so eingerichtet, daß die Vertikalachse senkrecht steht und der mit dem Dreifuß fest verbundene Horizontalkreis waagrecht liegt. Durch **Libellen** wird die richtige Aufstellung angezeigt. Der horizontal liegende **Teilkreis** (**Horizontalkreis**, **Limbus**) trägt an seinem Rand eine im Uhrzeigersinn bezifferte Gradeinteilung und dient zur Horizontalwinkelmessung. Meist ist außer dem Horizontalkreis noch ein **Vertikal-kreis** zur Vertikalwinkelmessung vorhanden. Der **Oberbau** eines T.s besteht aus der **Alhidade**, einer zentrisch und drehbar unmittelbar über dem Horizontalkreis angebrachten Scheibe mit einer Ablesemarke, den auf der Alhidade befestigten Fernrohrträgern oder -stützen und einem **Zielfernrohr** (Vergrößerung meist 25- bis 30fach), das mit seiner Kippachse in den Fernrohrträgern ruht. Durch Drehung des Oberbaus um die Ver-

tikalachse und Kippung des Fernrohres um die Kippachse können bei feststehendem Unterbau die verschiedenen Geländepunkte bei der Winkelmessung angezielt werden.



Theodolit (stark schematisiert). a Stellschraube, b Horizontalzirkel, c Alhidade, d Libellen, e Fernrohrträger, f Zielkreuzung, g Vertikalzirkel, h Dreifuß

Bei der Horizontalwinkelmessung zwischen zwei Punkten wird nach Einrichtung des Instruments entsprechend der Angabe der Libellen zunächst der linke Zielpunkt mit dem Fadenkreuz des Fernrohres zur Deckung gebracht und am Horizontalzirkel die zugehörige Gradablesung gemacht. Daraufhin wird der Oberbau gedreht und das Fernrohr gekippt, bis der rechte Zielpunkt im Fadenkreuz ist; danach wird wieder abgelesen. Die Differenz zwischen zweiter und erster Kreisablesung ist der gesuchte Horizontalwinkel. Um die Genauigkeit des Meßergebnisses zu erhöhen und um Instrumentenfehler unwirksam zu machen, wird die Messung in verschiedenen Anordnungen wiederholt.

Zur besseren Handhabung der T.s kann, wenn der anzuzielende Punkt ins Gesichtsfeld des Fernrohres gebracht ist, die Alhidade durch eine Klemmschraube oder einen Klemmhebel fest mit dem Horizontalzirkel verbunden werden. Ein Feintrieb ermöglicht die zur genauen Anzielung erforderliche Hin- und Herbewegung des Oberbaus in einem gewissen engen Bereich. Auch für die Fernrohrkipfung sind Klemmschrauben und Feintrieb vorhanden. Um einen Zielpunkt mit einer vorgegebenen Gradeinstellung anzielen zu können, ist bei den meisten T.n nicht nur die Alhidade gegenüber dem Horizontalzirkel beweglich gelagert, sondern auch der Horizontalzirkel ist im Dreifuß drehbar angebracht und kann mittels Klemmschraube und zugehörigen Feintriebs genau eingestellt werden. Derartige T.e heißen **Repetitionstheodolite**.

Die Ablesemarken sind bei T.en niedriger Meßgenauigkeit oder bei älteren Typen oft Nonien, die durch Lupen betrachtet werden (**Nonientheodolite**). Zur Ausschaltung von Instrumentenfehlern sind stets zwei um 180° gegeneinander versetzte Nonien vorhanden. Die Genauigkeit einer Kreisablesung beträgt beim Nonientheodolit $10''$ bis $30''$. Zur Steigerung der Ablesegenauigkeit oder zur Vereinfachung des Ablesevorganges werden vielfach Ablesemikro-

skope benutzt. Moderne T.e weisen außerdem geschlossene Bauweise auf, d. h. Horizontalzirkel und Alhidade sind verkapselt. Dadurch wird das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit verhindert; außerdem ist es dann möglich, die Kreisablesung mit Hilfe eines Mikroskops über optische Systeme vorzunehmen (**optische T.e**). Das Mikroskop ist parallel zum Zielfernrohr angebracht, so daß Fernrohr und Mikroskopokular unmittelbar nebeneinander liegen. Zur Beleuchtung der Teilkreisstellen, an denen die Ablesung erfolgt, wird meist das Tageslicht benutzt, das über kleine Spiegel ins Innere der Geräte gebracht wird. Bei manchen Geräten ist elektrische Beleuchtung möglich. Für optische T.e niedriger bis mittlerer Genauigkeit ($1'$ bis $10''$) verwendet man zur Ablesung häufig Skalenmikroskope. Die größte Ablesegenauigkeit wird mit dem optischen Mikrometer erreicht, das Kreisablesungen auf $1''$ genau und darunter gestattet. T.e dieser Genauigkeit heißen **Sekundentheodolite**.

Tachymetertheodolite sind Geräte, deren Fernrohr besondere Einrichtungen zur optischen Streckenmessung hat. Der **Phototheodolit** ist ein Aufnahmegerät für die Erdbildmessung.

Lit. \rightarrow Geodäsie.

Theophyllin, 1,3-Dimethylxanthin, ein Alkaloid, das in Teeblättern enthalten ist und heute synthetisch aus Koffein oder Methylharnstoff und Zyanessigester hergestellt wird. T. gilt als stärkstes harntreibendes Mittel.

Theorie, ein System wissenschaftlicher Erkenntnisse über die wesentlichen Zusammenhänge einer bestimmten Gruppe von Erscheinungen. Darüber hinaus enthält die T. aber auch methodische Anweisungen und hypothetische Elemente. Jede T. geht von Annahmen aus, die, oft über viele Stufen vermittelt, letzten Endes aus der Praxis genommen sind und durch die Praxis bestätigt werden. Als Verallgemeinerung (von Tatsachen) vermag die T. über die Praxis hinauszugehen und Fakten einzubeziehen, die nicht zu ihrem Ausgangsmaterial gehören. T.n lassen sich untergliedern in (vorwiegend) empirische, aus der Erfahrung gewonnene, und (vorwiegend) deduktive, aus Verallgemeinerungen abgeleitete. Letztere, die im Zuge der Mathematisierung und Formalisierung der Wissenschaften eine immer größere Bedeutung erlangen, zeigen die Tendenz, sich relativ eigenständig zu entwickeln und der Praxis im Sinne einer „Vorratsbildung“ voranzuziehen. (So wurde z. B. die Riemannsche Geometrie erst in der allgemeinen Relativitätstheorie anwendbar.) Die Ablösung alter durch neue T.n erfolgt in der Regel so, daß sie als für ein Teilgebiet gültige relative Wahrheiten in die neue umfassendere T. eingehen. Sind nicht die Objekte, sondern T.n selbst Ausgangspunkt für die Bildung von weiteren T.n, sprechen wir von Metatheorien in bezug auf letztere.

Theorie der Nervennetze, ein Teilbereich der Theorie endlicher Automaten: Die T. d. N. untersucht mit mathematischen Methoden abstrakte Modelle der Funktion von Nervenzellen bzw. des Gehirns und ist Grundlage für die Konstruktion informationsverarbeitender Maschinen (Automaten). Bei neurophysiologischen Untersuchungen sowie beim Bau elektronischer Rechenanlagen ergeben sich Probleme, zu deren Lösung mathematische und logische Methoden verwendet wurden. McCulloch und Pitts formulierten 1943 gewisse Annahmen über die Funktion der Nervenzellen, die sie zu dem abstrakten Modell des Nervennetzes führten. Diese noch unvollständige Arbeit wurde 1956 von Kleene zur T. d. N. ausgebaut. Er verallgemeinerte den Begriff des Nervennetzes zum Begriff des endlichen Automaten.

Unter einem Nervennetz, dem zentralen Begriff dieser Theorie, versteht man eine endliche Menge

von Elementen (*Neuronen*), die auf ganz bestimmte Weise durch Fasern (*Axone*) miteinander verknüpft sind. Ein Neuron, das aus einem Körper (*Soma*) und von diesem ausgehenden Fasern besteht, kann über die Fasern, die an ihrem Ende Endknoten tragen, an bestimmten Stellen, den Synapsen, mit dem Soma anderer Neuronen in Verbindung treten. Die Endknoten werden in hemmende und treibende Endknoten eingeteilt. Das Neuron selbst kann genau zwei Zustände einnehmen, den Ruhe- oder den Erregungszustand (passiv oder aktiv). Durch die Verknüpfung der Neuronen über ihre Fasern entstehen die Nervennetze. Neuronen, die zu einem Nervenetz verknüpft sind, werden in innere und äußere Neuronen unterteilt. Letztere werden auch Eingabe- oder Rezeptorneuronen genannt. Sie unterscheiden sich von den inneren Neuronen dadurch, daß sich keine Endknoten an ihrem Soma befinden. Ihr Zustand wird durch äußere Einwirkungen eingestellt, sie sind ebenfalls aktiv oder passiv und haben demzufolge die gleichen Ausgabesignale, nämlich 1 im Falle des Ruhezustandes oder 0 im Falle des Erregungszustandes, wie die inneren Neuronen.

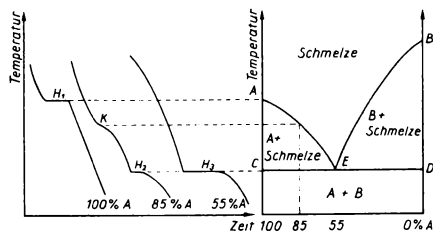
Die Ausgabe erfolgt über eine bestimmte Anzahl von Axonen, die von Neuronen ausgehen. Die Ausgabesignale sind abhängig vom Zustand der Neuronen im gesamten Netz. Es ist daher das Hauptanliegen der Theorie, den Zustand eines Nervennetzes, der abhängig ist vom Zustand aller Neuronen des Netzes, zu beschreiben.

Theorie strategischer Spiele, → Spieltheorie.

Thermie, eine → Quelle.

Thermik, → Aufbau.

thermische Analyse, ein Verfahren zur Untersuchung von Stoffen, bei dem man eine Probe-menge schmilzt, anschließend abkühlen läßt und den Temperaturverlauf über der Zeit registriert. Aus den gewonnenen Werten läßt sich eine Abkühlungskurve zeichnen, entsprechend bei Wiedererwärmen eine Erwärmungskurve. In diesen Kurven zeigen sich Zustandsänderungen des untersuchten Stoffes an durch a) *Haltepunkte* (H_1, H_2, H_3, \dots), waagerechte Kurvenabschnitte infolge Gleichbleibens (Anhaltens) der Temperatur über einen längeren Zeitraum, wenn der gesamte Stoff auf einmal erstarrt oder schmilzt, und/oder b) *Knickpunkte* (K_1, K_2, K_3, \dots), Richtungsänderungen der Kurve, wenn aus einer Legierung nur eine Komponente erstarrt oder schmilzt. Die t. A. wird je nach dem zu untersuchenden Temperaturintervall mit Thermoelementen oder Thermometern ausgeführt. Es gibt auch selbsttätig registrierende Meßeinrichtungen.



Auswertung einer thermischen Analyse: Abkühlungskurven (links) und eutektisches Zustandsdiagramm (rechts); E Eutektikum, H_1 bis H_3 Haltepunkte, K Knickpunkt, AEB Liquidus- (Flüssig-) Linie, CED Solidus- (Fest-) Linie

Aus den für ein System gewonnenen Kurven kann man ein Zustandsdiagramm aufstellen, das z. B. ein wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung, Herstellung und Verwendung von Legierungen aus gleichen Komponenten, aber verschiedenen Mengenteilen ist.

Thermistoren, → Heißleiter.

Thermit, ein Gemisch von Eisenoxiden und Aluminiumpulver, bei dessen Verbrennung sehr hohe Temperaturen entstehen. T. wird verwendet zum → Schweißen (Thermitschweißen). Früher setzte man Brandbomben mit Thermitfüllung ein.

Thermitverfahren, → Schweißen A I 3.

Thermobatterie, → Thermoelement.

Thermochemie, chemische Thermodynamik, ein Teilgebiet der allgemeinen Thermodynamik, das sich einerseits mit den Wärmewirkungen der chemischen Prozesse, andererseits mit den Wirkungen der Wärme auf die chemischen Prozesse befaßt.

1) Die chemischen Prozesse sind stets mit einem Stoff- und Energieumsatz verknüpft. Ist der Energie- bzw. Enthalpieinhalt der Ausgangsstoffe größer als der der Endprodukte, so wird bei der Reaktion Energie – meist in Form von Wärme – frei (exotherme Reaktion, negative Reaktionswärme). In der entgegengesetzten Richtung verläuft die Reaktion dann unter Wärmeaufnahme (endotherme Reaktion, positive Reaktionswärme). (In der älteren Literatur wird an Stelle der Reaktionswärme die Wärmetönung mit entgegengesetztem Vorzeichen angegeben.) Die Reaktionswärme wird auf den in der Reaktionsgleichung entsprechenden Formelumsatz – ausgedrückt in Molen – bezogen, z. B. beim Schwefelsäurekontaktverfahren: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 \text{ (Dampf)} - 45,2 \text{ kcal}$.

Die Hinreaktion (→) ist exotherm, die Rückreaktion (←) endotherm. In der neueren Literatur wird der Wert der Reaktionswärme hinter die Reaktionsgleichung geschrieben, also $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 \text{ (Dampf)}; \Delta H_{298}$ (bzw. ΔU_{298}) = $-45,2 \text{ kcal}$. Die Indexzahl ist die Temperatur in °K, bei der die Reaktion abläuft. Bei einer thermochemischen Gleichung müssen die Reaktionsbedingungen (Druck, Volumen, Temperatur, Oberfläche, Aggregatzustand, Modifikation u. a.) genau angegeben werden. Die Umwandlungen von Energien behandelt der 1. Hauptsatz (→ Hauptsätze der Thermodynamik). Die Ermittlung der verschiedenartigsten Wärmeeffekte (Bildungs-, Verbrennungs-, Umwandlungswärme u. dgl.) erfolgt in einem → Kalorimeter. Vielfach werden auch elektrische und optische Methoden (Molekül- und Atomspektren) angewendet.

2) Die Wirkungen der Wärme auf die Vorgänge können thermodynamisch und kinetisch untersucht werden. Bei der thermodynamischen Untersuchung handelt es sich um die Ermittlung der chemischen Gleichgewichte. Die Betrachtung der Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichte basiert auf dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Die Berechnung der absoluten Lage von Reaktionsgleichgewichten wird durch den 3. Hauptsatz der Thermodynamik ermöglicht, so daß man die günstigsten Bedingungen für den Ablauf und die Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens festlegen kann. Außerdem kann man rein theoretisch ermitteln, ob eine Reaktion überhaupt möglich ist oder nicht. So spielt die T. eine große Rolle in der Wissenschaft und Technik bei Synthesen (z. B. Ammoniak-, Methanol-Synthese), Elektrolysen (insbesondere Schmelzflußeлектроlysen wie beim Aluminium und bei Alkalimetallen), beim Karbid- und Hochofenprozeß, bei der Verkokung u. a.

Die kinetische Behandlung der T., d. h. also die Berechnung der Reaktionsgeschwindigkeiten auf Grund der kinetischen Wärmetheorie, ist theoretisch sehr schwierig und bisher nur sehr unvollkommen möglich.

Lit. Kubaschewski u. Evans: Metallurgische T. (dtsh Berlin 1959).

Thermocolor, Wz., → Temperaturmeßfarben.

Thermoeffusion, das Trennen einer Gas-mischung oder einer Lösung bei Vorliegen eines

Temperaturgefälles in die einzelnen Komponenten. Bei der Isotopentrennung wird die Wirkung der T. mit der Thermokonvektion verbunden. In kondensierten Phasen heißt die T. **Ludwig-Soret-Effekt**. Die Umkehrung der T. ist der **Diffusionthermoeffekt (Dufour-Effekt)**, bei dem Diffusion das Auftreten von Temperaturdifferenzen bewirkt.

Lit. Grew u. Ibbs: T. in Gasen (dtsc Berlin 1962).

Thermodor, → Plaste, Übers.

Thermodynamik, im engeren Sinne ein Teil der Wärmelehre, der sich mit der Umwandlung der Wärme in eine andere Energieform oder mit dem umgekehrten Vorgang beschäftigt. Die T. entstand aus der physikalischen Untersuchung der Vorgänge in Wärmekraftmaschinen (S. Carnot); dieser Teil wurde zur **technischen T.** weiterentwickelt. Im weiteren Sinne versteht man allgemein unter T. ein Teilgebiet der Physik und physikalischen Chemie, das sich mit der Wärme und allen Vorgängen befaßt, bei denen Wärmewirkungen und Temperaturänderungen die entscheidende Rolle spielen. Die klassische T. behandelt nur Gleichgewichtszustände und unendlich langsam ablaufende Vorgänge, sie abstrahiert von der Wirklichkeit. In neuerer Zeit erforderten besonders technische und verfahrenstechnische Prozesse auch das Studium von Ungleichgewichtszuständen und von Vorgängen, die mit endlicher Geschwindigkeit verlaufen. Es entstand die T. irreversibler Prozesse, in der im Gegensatz zur klassischen T. auch die Zeit als variable Zustandsgröße auftritt. Die außerdem in der T. gebrauchten Variablen sind der Druck bzw. die Fugazität, die Temperatur, das Volumen, bei Mehrkomponentensystemen die Konzentration bzw. die Aktivität, bei der Betrachtung von Grenzflächenerscheinungen die Oberfläche oder bei kolloidalen Systemen der Zerteilungsgrad, in speziellen Fällen noch elektrische, magnetische und andere Felder. Mit den Zustandsgrößen sind durch eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten die Zustandsfunktionen verknüpft (→ Zustand).

Man unterscheidet je nach der Behandlungsweise der physikalischen Vorgänge drei Arten der T.

1) Die **allgemeine oder phänomologische T.** geht von den Naturerscheinungen (Phänomene) selbst aus, ohne die zugrunde liegenden atomaren und molekularen Vorgänge zu betrachten. Sie kann die Vorgänge nur beschreiben und in logische Zusammenhänge setzen, ohne etwas über ihre Ursachen auszusagen. Die Grundlage dieser T. beruht auf den → Hauptsätzen der Thermodynamik und leitet aus ihnen die gewünschten Aussagen über das Verhalten spezieller physikalischer (oder chemischer) Systeme ab. Eine Deutung dieses Verhaltens und ein tieferes Verständnis der Vorgänge in molekularen Bereichen ist nicht möglich. 2) Die **statistische T. (statistische Mechanik, statistische Theorie der Wärme)** deutet die Wärme als mechanische Bewegung der Atome und Moleküle und gelangt durch statistische Methoden zu einem allgemeinen Verständnis vieler thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten (→ statistische Mechanik). 3) Die **kinetische Theorie der Materie** (→ kinetische Wärmetheorie, → Reaktionskinetik) betrachtet einzelne molekulare Prozesse und zieht daraus ihre Folgerungen.

Weitere wichtige Beziehungen sind die thermische und die kalorische Zustandsgleichung und die Gesetze des Dampfdrucks. Spezielle Gesetze sind die Gasgesetze, bei den Flüssigkeiten die Gesetze der Oberflächenspannung und Viskosität. Besondere Bedeutung haben die Gesetze der Gleichgewichtszustände bei physikalischen Umwandlungen und bei chemischen Reaktionen (→ Massenwirkungsgesetz). Ein wichtiges Teilgebiet der allgemeinen T. ist die → Thermo-

chemie. Auch liefert die T. die Grundlagen für wesentliche Gebiete der → Elektrochemie.

Lit. Basarow: T. (dtsc Berlin 1964); Bošnjaković: Technische T. (Tl 1 u. Tl 2, 4. Aufl. Dresden u. Leipzig 1965, Diagramm-Mappe 2. Aufl. 1961); Godnev: Berechnung thermodynamischer Funktionen aus Moleküldaten (dtsc Berlin 1963); Jante: Leitfaden der technischen T. (2. Aufl. Leipzig 1956); Kortüm: Einführung in die chemische T. (4. Aufl. Weinheim/Bergstraße 1963); Leontowitsch: Einführung in die T. (dtsc Berlin 1953); Mannchen: Einführung in die T. der Mischphasen (Leipzig 1965); Planck: Vorlesungen über T. (10. Aufl. Berlin 1954); Prigogine u. Defay: Chemische T. (dtsc Leipzig 1962); Schrödinger: Statistische T. (Leipzig 1952); W. Wagner: Chemische T. (Berlin 1967).

thermodynamische Wahrscheinlichkeit, → statistische Mechanik, → Wahrscheinlichkeit.

Thermoelektrizität, die Gesamtheit der Erscheinungen, die mit dem Seebeck-Effekt, dem Peltier-Effekt, dem Thomson-Effekt sowie dem Benedicks-Effekt zusammenhängen.

Der **Seebeck-Effekt** wird durch die Temperaturabhängigkeit der Berührungsspannung zweier verschiedener Metalle verursacht. Verbindet man zwei verschiedene Metalldrähte durch Verlöten oder Verschweißen, so entsteht zwischen den beiden Leiterenden eine (schwer nachweisbare) Berührungsspannung, die ihre Ursachen in der Unterschiedlichkeit der Zahl und Beweglichkeit der in den beiden Metallen befindlichen Leitungselektronen hat. Verlötet oder verschweißt man die beiden freien Leiterenden und schaltet in den Leiterkreis ein Strommeßgerät, so wird dieses keinen elektrischen Strom anzeigen, da sich die beiden entgegengesetzt gerichteten Berührungsspannungen aufheben. Heißt man dagegen die Lötstelle 2 auf die Temperatur T_2 auf, die höher als die Temperatur T_1 der Lötstelle 1 ist, so fließt in dem Leiterkreis ein elektrischer Strom (**Thermostrom**). Die den Thermostrom verursachende, mit **Thermospannung** oder **Thermokraft** bezeichnete elektrische Spannung ergibt sich als Differenz der unterschiedlichen Berührungsspannungen der warmen und der kalten Lötstelle. Die Größe der Thermokraft hängt von der Materialkombination der Metalldrähte und der Temperaturdifferenz zwischen den beiden Lötstellen ab. Die Änderung der Thermokraft bei einer Temperaturänderung von 1 grd liegt bei den meisten Metallkombinationen in der Größenordnung von 10^{-6} V. Außerdem hängt die Thermokraft stark vom Reinheitsgrad der verwendeten Metalle ab. Der Seebeck-Effekt wird bei der Temperaturmessung mit → Thermoelementen ausgenutzt.

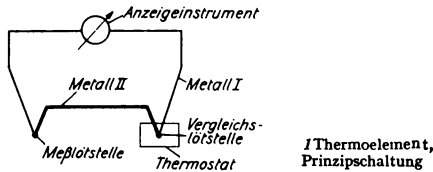
Der **Peltier-Effekt** ist der umgekehrte Effekt zum Seebeck-Effekt. Schickt man einen elektrischen Strom durch die Verbindungsstelle zweier verschiedener Metalle, so muß dazu je nach Richtung der Berührungsspannung elektrische Arbeit erzeugt oder verbraucht werden. Bei einem aus zwei verschiedenen Metallen bestehenden Leiterkreis bildet sich daher zwischen den beiden Lötstellen eine Temperaturdifferenz aus. Das Maß der Temperaturänderung hängt von der Stromrichtung und von der Art der verbundenen Leiter ab. Neue Entwicklungen haben ergeben, daß besonders Halbleiter starke Peltier-Effekte zeigen; dies eröffnet die Möglichkeit, räumlich kleine Kühltaggregate zu bauen.

Beim **Thomson-Effekt** erfolgt eine Abkühlung oder Erwärmung eines homogenen, stromdurchflossenen Leiters, in dem ein Temperaturgefälle besteht. Eine Aufheizung tritt ein, wenn der elektrische Strom von höherer zu niedriger Temperatur fließt, eine Abkühlung dagegen bei umgekehrter Stromrichtung.

Der **Benedicks-Effekt** ist die Umkehrung des Thomson-Effektes; bei ihm entsteht bei unsymmetrischer Temperaturverteilung in einem homogenen Leiter, besonders an Stellen mit starken Querschnittsänderungen, eine elektrische Spannung.

Thermoelement

Thermoelement, ein elektrisches → Thermometer, bei dem als Meßprinzip der Seebeck-Effekt (→ Thermoelektrizität) dient. Ein T. besteht aus zwei verschiedenen Metallen, die durch Verlöten oder Verschweißen zu einem Stromkreis zusammengeschlossen werden (Abb. 1). Die eine Lötstelle (Meßlötstelle) wird der zu messenden Temperatur ausgesetzt, die andere Lötstelle (Vergleichslötstelle) wird mit Hilfe eines Thermostaten auf bekannter, konstanter Temperatur



gehalten. Die sich auf Grund der Temperaturdifferenz zwischen den Lötstellen ausbildende Thermospannung wird gemessen und bildet ein Maß für die zu bestimmende Temperatur. Mitunter schließt man auch das Anzeigeelement für die Thermospannung direkt an die beiden Thermoelementdrähte an und bildet so die Vergleichslötstelle. Da die Entfernungen von der Meßlötstelle bis zur Vergleichslötstelle in der Praxis mitunter sehr groß sind und das Thermoelementen-Drahtmaterial, vor allem bei Verwendung von Platin, teuer ist, verlegt man oft die Verbindungsleitungen von der Meßlötstelle zur Vergleichslötstelle in Form von *Ausgleichsleitungen*, die dadurch gekennzeichnet sind, daß sie die gleichen Thermokräfte wie die Thermoschenkel haben, wodurch das T. ohne das Auftreten von zu Fehlmessungen führenden Thermokräften bis zur Vergleichslötstelle verlängert werden kann. Diese Ausgleichsleitungen bestehen aus billigerem Material als die Thermodrähte, z. B. aus technisch reinem Eisen, Kupfer mit 0,1 % Nickel.

In der Praxis werden folgende Thermopaare bevorzugt verwendet: Kupfer/Konstantan, Eisen/Konstantan, Nickel-Chrom/Konstantan, Nickel-Chrom/Nickel und Platin-Rhodium/Platin. Zur Erhöhung des Thermostromes schaltet man oft viele T.e zu einer **Thermosäule** (Abb. 2) hintereinander. Man ordnet die T.e so an, daß immer jede zweite Lötstelle auf ein und derselben Seite liegt; die entstehenden Thermospannungen addieren sich dann. Eine auf diese Weise aufgebaute Thermosäule läßt sich als Spannungsquelle verwenden (**Thermobatterie**).

T.e dienen zur Temperaturmessung auch von sehr hohen und sehr tiefen Temperaturen (von -280°C bis 3100°C), als Vakuum-T.e zur Strahlungsmessung (z. B. in der Infrarotspektroskopie) und als Thermokreuz (Abb. 3) zur Messung hochfrequenter Wechselströme.

Thermofor-Pyrolyse-Prozeß, → Kracken.

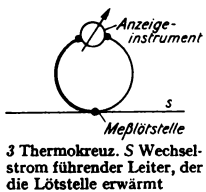
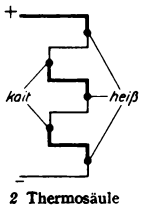
Thermokopierverfahren, die Herstellung von Reproduktionen durch Wärmeerzeugung infolge absorbierter Strahlungsenergie. Wärmeempfindliche Kopierblätter, die durch langwellige Wärmestrahlung geschwärzt werden oder deren Überzug dadurch geschmolzen wird, werden nacheinander jeweils mit dem Original zusammen an einer Langfeldlampe vorbeigeführt. Dabei durchdringen die Licht- und Wärmestrahlen das Kopierblatt und treffen auf das Original auf, dessen dunkle Stellen die Wärmestrahlen absorbieren, so daß an diesen Stellen eine Wärmeentwicklung vor sich geht, die das Kopierblatt schwärzt oder verfärbt.

Thermokraft, → Thermoelektrizität.

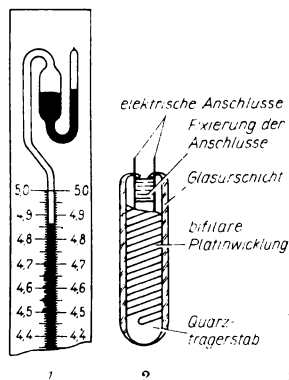
Thermokreuz, → Thermoelement.

Thermolyse, svw. thermische → Dissoziation.

Thermometer, ein Instrument zum Messen der → Temperatur. Die Temperaturskalen von Celsius, Fahrenheit und Réaumur benutzen als Fixpunkte den Eisschmelzpunkt und den Wassersiedepunkt. Das Intervall zwischen beiden Punkten wird nach Celsius in 100, nach Fahrenheit in 180 und nach Réaumur in 80 gleiche Teile unterteilt und nach oben und unten fortgesetzt. Der Eisschmelzpunkt wird bei Celsius und Réaumur mit 0° bezeichnet, bei Fahrenheit mit 32° (jeweils bei einem Luftdruck von 760 Torr). Die für geringe Ansprüche an die Meßgenauigkeit verwendeten T. definieren gewöhnlich einen von der Thermometersubstanz abhängigen Temperaturbegriff. Dagegen realisiert das Gasthermometer in einem großen Bereich, in dem sich die Thermometersubstanz als ideales Gas verhält, die allein unter Benutzung des Begriffs der Wärmemenge definierte **thermodynamische Temperatur**. Die im täglichen Leben üblichen T. sind Ausdehnungsthermometer, bei denen man die durch die Temperaturänderung hervorgerufene Volumenveränderung von Flüssigkeiten, Gasen oder Metallen sichtbar macht. Das gebräuchlichste T. ist das **Quecksilberthermometer**, das aus einem kugelförmigen Quecksilberbehälter mit angeschmolzener enger Glasröhre (Kapillare) besteht. Die Ausdehnung oder Zusammenziehung des Quecksilbers wird an einer Skale abgelesen. Da Quecksilber bei -39°C erstarrt und bei 356°C siedet, benutzt man zum Messen von Temperaturen unter -39°C mit Kreosot, Toluol, Äthylalkohol, Pentan gefüllte T., zum Messen von Temperaturen über 356 bis etwa 600°C T., die über dem Quecksilber mit zusammengepreßtem Gas gefüllt sind, und bis zu 1100°C an Stelle des Glasbehälters einen aus Quarzglas. **Maximum- und Minimumthermometer** sind so gebaut, daß die höchste bzw. niedrigste Temperaturanzeige festgehalten wird (Extremthermometer). Sie sind im Maximum-Minimum-T. zu einem Gerät vereinigt, einem Alkoholthermometer mit U-förmig gebogenem Kapillarrohr, in dessen mittlerem Teil sich eine Quecksilbersäule befindet. Bei Erwärmung wird der eine Schenkel der Quecksilbersäule gehoben, bei Abkühlung der andere, wobei an jedem Ende der Quecksilbersäule ein Eisenstäbchen verschoben wird, das am Höchst- bzw. Tiefwert liegenbleibt. Mit Hilfe eines Magneten können die Eisenstäbchen wieder zur Quecksilbersäule zurückgebracht werden. Beim **Fieberthermometer**, das von 35°C bis 42°C geeicht ist, ist das Thermometerrohr unmittelbar über dem Quecksilbergefäß verengt. Beim Steigen der Quecksilbersäule wird das Quecksilber durch die Verengung durchgedrückt, beim Sinken reißt sie aber hier ab. Die Temperatur kann deshalb auch nach Abkühlung noch abgelesen werden. Auf ähnlichem Prinzip beruht das → Kippthermometer zur Temperaturmessung in beliebigen Wassertiefen. Zur genauen Bestimmung von kleinen Temperaturdifferenzen dient das **Beckmann-T.** Die nur wenige Grade umfassende Skale ist weit auseinandergezogen. Um den jeweils gewünschten Temperaturbereich einzustellen, kann man einen Teil der Quecksilberfüllung in eine oberhalb der Teilung befindliche Erweiterung bringen. Beim **Tensionsthermometer** wird aus dem mit einem Manometer gemessenen Dampfdruck einer Flüssigkeit die Temperatur ermittelt. **Fernthermometer** gestatten das Ablesen der Temperatur in großer Entfernung von der Meßstelle, so das elektrische **Widerstandsthermometer**, das durch Temperaturunterschiede an Metallfäden oder Halbleitern, z. B. Thermistoren, hervorgerufene Widerstandsänderungen durch ein Galvanometer anzeigt, und das → Thermoelement, das für sehr niedrige (-280°C) und sehr hohe Temperaturen (3100°C) verwendet werden kann. Widerstands-



thermometer (Bolometer) und Thermosäule können so empfindlich konstruiert werden, daß damit noch Temperaturänderungen von 10^{-6} grad nachweisbar sind. Sie dienen insbesondere zur Strahlungsmessung; man kann mit ihnen z. B. noch die Strahlung der helleren Fixsterne messen oder die einer Kerze in einigen hundert Metern Entfernung. In der Biologie werden sie als **Mikrothermometer** in winziger Form verwendet. Beim **Bimetallthermometer** wird durch die Ausdehnung eines Bimetallstreifens und die Änderung seiner Krümmung ein Zeiger über eine Skale bewegt. Auf dem Prinzip des Bimetallthermometers beruht der **Thermograph**, ein Gerät zur selbsttätigen Aufzeichnung des Temperaturverlaufs auf eine Schreibtrommel.



Die **Gasthermometer** messen die Druckänderung in einem festen Gasvolumen oder die Volumenänderung einer abgeschlossenen Gasmenge bei konstantem Druck; mit Hilfe der Gasgesetze läßt sich daraus die Temperaturänderung berechnen.

Bei sehr hohen Temperaturen (über 800 °C) bestimmt man die Temperatur aus der Intensität oder der spektralen Zusammensetzung der Wärmestrahlung, die die Körper aussenden, mit Hilfe der \rightarrow Pyrometer. Um hieraus die wahre Temperatur ermitteln zu können, sind jedoch Kenntnisse über die Natur des strahlenden Körpers notwendig (\rightarrow Strahlungsgesetze). Daneben benutzt man die Thermoelemente. Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt, die durch adiabatische Entmagnetisierung von paramagnetischen Kristallen und kernparamagnetischen Stoffen erzeugt werden, kann man nur indirekt mit Hilfe thermodynamischer Methoden (Carnotscher Kreisprozeß) bestimmen.

thermonuklear, svw. auf der durch Kernreaktionen entstandenen Wärme beruhend. T.e Reaktionen sind Kernreaktionen, bei denen die kinetische Stoßenergie der Reaktionspartner aus der Wärmebewegung stammt; die t.e Energie ist die Kernenergie, die durch Verschmelzung von leichten Atomkernen zu schwereren Kernen bei sehr hohen Temperaturen gewonnen werden kann, \rightarrow Kernfusion.

thermonukleare Bombe, \rightarrow Kernwaffen.

Thermoplaste, eine Gruppe der \rightarrow Plaste.

Thermosäule, \rightarrow Thermoelement.

Thermospannung, \rightarrow Thermoelektrizität.

Thermosphäre, \rightarrow Atmosphäre.

Thermostat, Behälter mit wärmegeprägten Wänden und eingebauter Heizeinrichtung, die durch einen \rightarrow Temperaturregler geschaltet wird. Damit kann in dem abgeschlossenen Raum eine gewünschte Temperatur genau konstant gehalten werden. Anwendung vor allem in physikalischen und chemischen Laboratorien, in Kühlschränken u. a.

Thermostrom, \rightarrow Thermoelektrizität.

Thermosyphonkühlung, \rightarrow Verbrennungsmotor.

Thermoumformer, ein mit einem Heizdraht verbundenes Thermoelement zum Messen von Gleich- und Wechselströmen. Der Heizdraht wird von dem zu messenden Strom durchflossen und erwärmt das Thermoelement, dessen Spannung mit einem \rightarrow Drehspulinstrument oder -galvanometer (\rightarrow Galvanometer) gemessen wird. Bei dem abgebildeten Vakuum-T. legt eine kleine Glasperle den Abstand zwischen dem Heizdraht und dem Thermoelement fest und isoliert den Meßstromkreis von dem Thermoelement und dem daran angeschlossenen Instrument. Heizdraht und Thermoelement sind in einem Glasgefäß eingeschmolzen, das zur Verringerung der Wärmeverluste evakuiert ist. Der Ausschlag des Instrumentes ist eine Funktion des Effektivwertes des Meßstromes. Der T. kann bis zu sehr hohen Frequenzen (10^6 Hz) verwendet werden. Der Leistungsbedarf des Heizdrahtes beträgt 1 mW (Milliwatt) bis 50 mW bei evakuierten, 0,1 bis 1 W bei luftgekühlten T.n.

THF, Abk. für Tetrahydrofuran, \rightarrow Furan.

Thiamin, Vitamin B₁, \rightarrow Vitamine.

Thiazinfarbstoffe, synthetische Farbstoffe, die das Grundgerüst des Thiazins enthalten. Zu den T.n gehören mehrere Schwefelfarbstoffe sowie als wichtigster Vertreter das Methylenblau.

Thiazol, eine heterozyklische Verbindung. T. ist eine farblose Flüssigkeit von pyridinähnlichem Geruch (Kp. 117 °C). Besonders wichtige Derivate des T.s sind das 2-Aminothiazol (Ausgangsprodukt für die Synthese des Sulfonamids Sulfathiazol) sowie das natürlich vorkommende Vitamin B₁ und das einen Thiazolidinring enthaltende Penicillin.

Thio..., Vorsilbe, die meist angibt, daß an Stelle eines Sauerstoffatoms zweiwertiger Schwefel getreten ist, z. B. Natriumthiosulfat Na₂S₂O₃ und Thiophenol C₆H₅SH.

Thioalkohole, **Merkaptane**, organische Verbindungen der allgemeinen Formel C_nH_{2n+1}SH, die sich aus den Alkoholen durch Ersatz des Sauerstoffs der OH-Gruppe durch Schwefel ableiten. Der Wasserstoff der SH-Gruppe ist leicht abspaltbar und ermöglicht eine Reihe von Reaktionen. Die Salze der T. heißen Merkaptide. Die T. besitzen einen durchdringenden, äußerst unangenehmen Geruch. In größerer Konzentration sind sie giftig. Technisch gewinnt man sie durch Anlagerung von Schwefelwasserstoff an ungesättigte Verbindungen oder durch Reduktion von Sulfiden und Sulfochloriden. Verwendet werden die T. zu organischen Synthesen, zur Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln und verschiedenen Farbstoffen, in der Kautschukindustrie als Vulkanisationsbeschleuniger und Alterungsschutzmittel. Der technisch wichtigste Vertreter ist Thioäthanol.

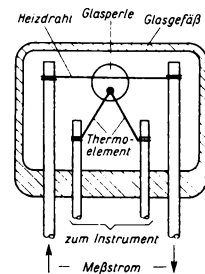
Thioäthanol, **Äthylmercaptan**, **Äthanthiol**, CH₃—CH₂—SH, der wichtigste Thioalkohol. T. ist eine unangenehm lauchartig riechende Flüssigkeit (Kp. 37 °C), die im Steinkohlenteer, im Erdöl und im Benzin vorkommt. Synthetisch gewinnt man T. z. B. aus Kaliumhydrogensulfid und Äthylchlorid. Geringe Mengen von T. werden als Warngas brennbaren Gasen, z. B. Erdgas, zugesetzt, um diese beim Ausströmen geruchlich wahrnehmen zu können.

Thioharnstoff, **Thiokarbamid**, H₂N—CS—NH₂, farblose, rhombische Prismen (F. 180 bis 182 °C). Technisch gewinnt man T. aus Zyanamid und Schwefelwasserstoff. T. wird durch Kondensation mit Formaldehyd zu Aminoplasten verarbeitet, ferner dient er z. B. zur Herstellung von Vulkanisationsbeschleunigern.

Thiolgruppe, svw. \rightarrow Sulfhydrylgruppe.

Thiophen, eine heterozyklische Verbindung. T. ist eine farblose Flüssigkeit (Kp. 84 °C). Es kommt

Thiophen



Aufbau eines Vakuumthermoumformers



Thiazol



Thiophen

in den Schmelzen bituminöser Schiefer vor, ferner in Braunkohlen- und Steinkohlenteer. Synthetisch kann man es durch Überleiten von Äthin über Pyrit bei 300 °C erhalten. T. dient zur Herstellung von Arzneimitteln und Schädlingsbekämpfungsmitteln.

Thioplaste, kautschukähnliche, schwefelhaltige Kunststoffe. Man erhält sie durch Polykondensation organischer Dichloride, z. B. von 1,2-Dichloräthan, mit Alkalipolysulfiden, z. B. mit Natriumtetrasulfid. Feste, plastische Massen entstehen nach Zugabe von Ruß als Füllstoff mit Zinkoxid durch Härtung in der Hitze. Sie sind sehr widerstandsfähig gegenüber Chemikalien-, Witterungs- und Lichteinflüssen und werden vor allem zur Herstellung von Membranen, Dichtungen, Rohrleitungen und Schläuchen für Treibstoffe, Kabelummantelungen und zur Auskleidung von Kesseln und Apparaturen verwendet. Durch Reduktion können T. in niedermolekulare, viskose Flüssigkeiten aufgespalten werden, die durch Oxydationsmittel, z. B. Blei(IV)-oxid PbO_2 , zu gummielastischen Massen bei Raumtemperatur schwindungsfrei härten. Als Füllstoffe dienen Ruß, Titandioxid u. a. Diese flüssigen T. werden z. B. zu Fugendichtungen im Bauwesen, Schiffbau, Fahrzeugbau und Apparatebau verwendet. Nicht gefüllte flüssige T. elastifizieren wirksam Epoxidharze.

Thiozyanate, Salze und Ester der \rightarrow Thiozyansäure.

Thiozyansäure, Rhodanwasserstoffsäure, $HS-C\equiv N$, eine sich von der Zyansäure ableitende Verbindung, in der Sauerstoff durch Schwefel ersetzt ist. T. ist mit der **Isothiozyansäure** $S=C=NH$ tautomer. Die Salze und Ester der T. werden als **Thiozyanate** (**Rhodanide**) bezeichnet; die sich von der Isothiozyansäure ableitenden Ester heißen **Isothiozyanate** oder nach dem Vorkommen ihrer einfachsten Vertreter auch \rightarrow Senföle. Die freie T. ist eine sehr unbeständige Flüssigkeit, die leicht zur Polymerisation neigt. In der Natur sind sie und ihre Verbindungen weit verbreitet, z. B. in manchen Wurzeln, im Tabakrauch, in Speichel, Urin, Blut, Serum u. a. T. wird zur Haut-, Wund- und Sputumdesinfektion verwendet, die Salze benutzt man in der Färberei und im Zeugdruck zum Beizen sowie in der Photographie, außerdem wie manche Ester als Schädlingsbekämpfungsmittel.

Thixotropie, die Erscheinung, daß gewisse Gele ohne Temperaturerhöhung durch Schütteln, Rühren oder Ultraschallwellen kolloide Lösungen bilden und in der Ruhe dann von selbst innerhalb kurzer Zeit wieder erstarren. Diese Umwandlung tritt vor allem bei Metallhydroxidgelen und Tonen auf.

Thomasbirne, ein \rightarrow Konverter.

Thomasmehl, \rightarrow Phosphorsäuredüngemittel.

Thomasphosphat, \rightarrow Phosphorsäuredüngemittel.

Thomaschlacke, \rightarrow Schlacke.

Thomas-Verfahren, ein Verfahren der \rightarrow Stahlerzeugung.

Thomson-Brücke, eine \rightarrow Brückenschaltung.

Thomson-Effekt, \rightarrow Thermoelektrizität.

Thorakoskop, ein \rightarrow Endoskop.

Thorit, \rightarrow Zirkon.

Thorium, Symbol **Th**, radioaktives chemisches Element aus der IV. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der \rightarrow Aktinide, Schwermetall; Ordnungszahl 90, Massenzahlen der Isotope 223, 224, 225, 226, 227 (Radioaktinium), 228 (Radiothorium), 229, 230 (Ionium), 231 (Uran Y), 232 (stabilstes Isotop mit einer Halbwertszeit von $1,42 \cdot 10^{10}$ Jahren), 233, 234 (Uran X₁), 235, Atomgewicht 232,038 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist IV, seltener II und III, D. 11,71 g cm⁻³, F. 1827 °C, Kp. 3530 °C; 1828 von Berzelius entdeckt.

Das Thoriumisotop ^{232}Th bildet das Anfangsglied der natürlichen **Thorium-Zerfallsreihe** (\rightarrow Radioaktivität). Es zerfällt unter α -Strahlung in das Radiumisotop ^{228}Ra (Mesothorium I). Das Endglied dieser Reihe ist das Bleiisotop ^{208}Pb (Thorium D oder Thoriumblei). Auch in der Uran-Aktinium- und der Uran-Radium-Zerfallsreihe entstehen Thoriumisotope.

T. ist ein in Pulverform graues, im kompakten Zustand platinähnlich aussehendes, ziemlich weiches und duktiles Metall. Von verdünnten Säuren und von Ätzalkalien wird es nicht angegriffen. Es findet sich in der Natur meist gemeinsam mit den Seltenerdmetallen. Das wichtigste Mineral ist Monazit, aus dem T. durch Aufschluß mit konzentrierter Schwefelsäure oder mit Natronlauge gewonnen wird. Das reine Metall erhält man außerdem durch thermische Zersetzung von Thoriumjodid ThJ_4 oder durch Reduktion von Thoriumoxid ThO_2 . T. dient als Legierungsbestandteil zur Herstellung von Heizdrähten, von Drähten für Verstärker- und Senderöhren, als Gettermetall für die Hochvakuumtechnik, mit Silber legiert zur Herstellung von Kontakten. Zur Erzeugung von Kernenergie kann T. nur im Gemisch mit Plutonium oder Uran-235 verwendet werden, da beim Neutronenbeschuß die Thoriumkerne zwar unter Energiegewinn zerfallen, aber keine Kettenreaktion geben. **Thoriumoxid** ThO_2 dient zur Herstellung von Gasglühkörpern (unter Zusatz von 1 % Zeroxid), von Metallfadenlampen (als Zusatz zum Wolfram), für gewisse Mischkatalysatoren, für oxidkeramische Erzeugnisse als feuerfestes Material und im Gemisch mit Lanthanoxid als Zusatz für optische Gläser für Flugzeugkameras. **Thoriumnitrat** $Th(NO_3)_4$ verwendet man bei der Glühkörperfabrikation und im Gemisch mit Magnesium für Blitzlichtpulver.

Thr, Abk. für \rightarrow Threonin.

Threonin, abg. Thr, α -Amino- β -hydroxybuttersäure, $CH_3-CHOH-CH(NH_2)-COOH$, eine essentielle Aminosäure. T. kommt besonders in den Protaminen, in dem Ferment Myosin und in der Wolle vor. In der Medizin dient es zur Behandlung von Eiweißmangelerscheinungen.

Thrombin, ein zu den Proteasen gehörendes Ferment, das Fibrinogen in Fibrin verwandelt und dadurch das Blut zum Gerinnen bringt.

Thujapazine, zu den Tropolonen gehörende Verbindungen, die fungizide Eigenschaften haben. Sie wirken als Antibiotika hemmend auf holzzerstörende Schwammpilze.

Thulium, Symbol **Tm**, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Reinelement, Schwermetall; Ordnungszahl 69, Atomgewicht 168,934 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, D. 9,332 g cm⁻³, F. 1545 °C, Kp. 1727 °C; 1879 von Cleve aus den Yttererden isoliert. T. ist silberweiß und kommt in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Man verwendet T. nur in Form von \rightarrow Zer-Mischmetall. Das künstlich hergestellte Isotop Thulium-170 (Halbwertszeit 129 Tage) sendet eine weiche γ -Strahlung aus, die in ihrem Durchdringungsvermögen einer 100-kV-Röntgenstrahlung entspricht. Daher dient es als Strahlungsquelle in Geräten zur Dickenmessung von Metallen und nichtmetallischen Stoffen und in tragbaren Durchleuchtungsgeräten, die unabhängig vom Strom sind.

Thuringit, ein \rightarrow Oolith.

Thylox-Verfahren, \rightarrow Haber-Bosch-Verfahren.

Thymin, 5-Methylurazil, 5-Methyl-2,6-dihydroxypyrimidin, eine heterozyklische Verbindung, die Bestandteil der Desoxyribonukleinsäuren ist.

Thyatron, Stromtor, eine mit Quecksilberdampf oder Edelgas gefüllte Triode (\rightarrow Elektronenröhre), eine technisch wichtige \rightarrow Gasentladungsröhre, deren Anodenstrom mit einer

Gittervorspannung (Gleichstrom) nicht steuerbar ist. Als negative Elektrode dient meist eine indirekt geheizte Oxidkatode oder eine Quecksilberkatode; die Anode besteht oftmals aus Graphit. Eine zwischen beiden liegende Elektrode, das Gitter, regelt die Zündspannung. Bei einer bestimmten Gittervorspannung und hinreichender Anodenspannung setzt plötzlich der Anodenstrom ein und wird in dem Raum zwischen Gitter und Anode durch Stoßionisation zur Glümladung verstärkt. Diese ist durch das Gitter nicht mehr regelbar und reißt erst ab, wenn die Anodenspannung unter einen bestimmten Wert, die Löschspannung, sinkt. Der Anodenstrom kann nur mit einer Gitterwechselspannung, die gegen die Anodenwechselspannung in der Phasenlage veränderlich ist, geregelt werden. — Das T. wird als Kippeschwingröhre (→ Kippeschwingungen), als Relais, als Regelröhre für Motorsteuerungen und in den Teilchenzählern der Kernphysik angewandt.

Thyreotropin, ein → Hormon.

Thyristor, → Stromrichter.

Thyroxin, 3',5',3,5-Tetrajodthyronin, $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4\text{J}_2-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4\text{J}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, das wichtigste Schilddrüsenhormon. Die physiologische Wirkung des T.s beruht auf der Regulierung des Stoffwechsels und Grundumsatzes. Unterentwicklung der Schilddrüse, also Mangel an T., führt zu Störungen des Nervensystems, zu Schlafsucht, Apathie, Myxödem (Schwammigwerden der Haut). Bei völlig unterentwickelter Schilddrüse treten besonders schwere Krankheitszustände auf: Idiotie, Kretinismus. Bei Überfunktion der Schilddrüse, also bei Überfluß an T., entsteht die Basedowsche Krankheit (erhöhter Grundumsatz, erhöhte Pulsfrequenz, Abmagerung, Glotzaugen). T. kann synthetisch gewonnen werden.

Ti, Symbol, für → Titan.

Tibet, eine Reißwollqualität, → Reißfasern.

Tiden, die → Gezeiten des Meeres.

Tiefbau, 1) (Tafel 42 und 43), die Ausführung der Bauarbeiten in und unter Terrain für Grundbau, Erdbau, Straßenbau, Wasserbau, Eisenbahnbau, Brückenbau und städtischen T. einschließlich der dazugehörigen Bauwerke. Der T. überschneidet sich z. T. mit dem Hochbau und dem Ingenieurbau.

Lit. Arnold: Städtischer T. (11. Aufl. Leipzig 1953); Ingenieur Taschenb. Bauwesen, Bd 3 (Leipzig 1966); Frost u. Meister: Taschenbücher für das Bauwesen, T. (Berlin 1960); Randolf: Taschenb. T., Bd II (Berlin 1967).

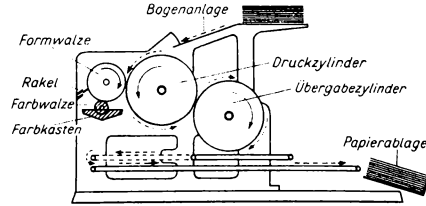
2) svw. → Untertagebau.

Tiefbohrung, → Bohrung.

Tiefdruck, 1) im weiteren Sinne alle diejenigen → Druckverfahren, bei denen eine durch Ätzung, Gravur oder Stich vertieft in eine Platte oder einen Zylinder eingearbeitete Schrift oder ein Bild eingefärbt und die Farbe durch starken Druck auf Papier herausgehoben wird; 2) im engeren Sinne ein Druckverfahren, bei dem der Druck von Kupferzylindern oder von zylindrischen Kupferplatten erfolgt. Man unterscheidet tiefenvariablen, flächenvariablen und flächentiefenvariablen T. Beim tiefenvariablen T. liegen die Druckelemente um so tiefer, je dunkler eine Bildstelle ist. Beim flächenvariablen T. kommt die Tonwirkung ähnlich wie bei der → Autotypie zustande. Der flächentiefenvariable T. ist eine Kombination der beiden genannten Verfahren.

Nach beliebigen Originalen werden zunächst Halbton-Diapositive angefertigt, die dann zu den gewünschten Formen auf einer Glasscheibe zusammengesetzt, „montiert“, werden. Dann kopiert man auf sensibilisiertes Pigmentpapier zunächst einen Tiefdruckraster und unmittelbar danach auf die gleiche Kopie die zu einer Form zusammengestellten Diapositive. Diese Kopie

wird auf den Kupfermantel der Formwalze oder auf eine dünne Kupferplatte aufgetuschelt. Nach der Entwicklung und anschließendem Trocknen wird die Kupferoberfläche mit Eisenchloridlösungen in verschiedener Konzentration geätzt. Die hierauf sauber geputzte Kupferfläche zeigt dann das Bild den Tonwerten der Vorlage entsprechend eingätzt. Beim Druck in der Maschine wird die ganze Oberfläche der Ätzung eingefärbt



Bogen-Rotations-Tiefdruckmaschine (die punktierten Pfeile bezeichnen die Laufbahn des Papiers)

und die überschüssige Farbe von einem hin- und hergleitenden dünnen Stahlblech, der Rakel (daher **Rakeltiefdruck**), abgestrichen, für die das mitgeätzte feine Rasternetz (→ Steg) als Auflage dient. Der Druck wird auf Bogenmaschinen oder bei sehr großen Auflagen meist auf Rollenmaschinen ein- und mehrfarbig ausgeführt. Bogenmaschinen liefern stündlich bis zu 5000 einseitige und Rollenmaschinen etwa die doppelte bis dreifache Zahl zweiseitiger Drucke. Alle Tiefdruckverfahren verlangen besonders weiche und saugfähige Papiere. Für den Rakeltiefdruck muß das Papier unbedingt sandfrei sein, um eine Beschädigung der empfindlichen Formzylinder zu vermeiden.

Lit. → Druckverfahren.

Tiefdruckgebiet, Tief, Depression, ein Gebiet niedrigen Luftdrucks (barometrisches Minimum), bei dem die Luftströmungen von außen nach dem Kern hin gerichtet sind. Nach der → Buys-Ballotschen Regel erfahren sie dabei auf der Südhalbkugel eine Drehung im Uhrzeigersinn, auf der Nordhalbkugel entgegengesetzt. Wandernde T.e bezeichnet man als **Zyklogen** oder **Störungen**. Diese stellen eine Wetterstörung der normalen Westwinddrift (→ Windsysteme) dar; sie entstehen, wenn kalte und warme Luftmassen durch eine bestimmte Luftdruckverteilung gegeneinandergeführt werden und einen Wirbel bilden. Durch Aufgleiten leichterer Warmluft auf Kaltluft entsteht eine **Warmfront** mit den für die Vorderseite einer Zyklone typischen Wettererscheinungen, wie Bewölkung, Nebel, Niederschlag u. a. Dringt Warmluft weiter vor, so dreht beim Frontdurchgang der Wind (→ Dovesches Gesetz), die Temperatur nimmt zu, und die Niederschläge lassen nach; es beginnt der Warmsektor. Auf der Rückseite der Zyklone wird kalte Luft herangeführt. Ihre Vorgrenzlinie bildet eine **Kaltfront**, an der Böen, Abkühlung, Schauerwetter und oft auch Gewitter auftreten. Im weiteren Verlauf wird der Warmsektor von der Kaltluft immer mehr eingeengt und schließlich ganz abgeschnürt. Damit hat die Zyklone den Höhepunkt ihrer Entwicklung überschritten, und der Luftwirbel kommt infolge des Druckausgleichs zum Stillstand.

Gewöhnlich bildet sich eine **Zyklonenreihe** oder **Zyklonenfamilie** aus, d. h., es folgen in einem Abstand von je 1 bis 2 Tagen 3 oder 4 zyklonale Störungen, die bestimmte Zugstraßen bevorzugen.

Über Europa hinweg verlaufen in vorwiegend östlicher Richtung fünf solche Zugstraßen, die der Meteorologe J. van Bebber statistisch ermittelt hat. Sie sind entsprechend den aerologischen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte

identisch mit der Lage der Gebiete starker Höhenströmung und werden daher heute fast nicht mehr verwendet. Lediglich die Zugstraße 5b ist noch allgemein geläufig, weil Tiefdruckgebiete auf dieser Zugstraße für Mitteleuropa häufig katastrophale Hochwassersituationen bringen.

Zyklonen, die vorübergehend oder am Ende ihrer Entwicklung aus der östlichen Bewegung abweichen und rückläufig werden, heißen **retrograde Zyklonen**. In Mitteleuropa gehören ihnen oft die genannten 5b-Zyklonen an. Sie ziehen von Oberitalien und der nördlichen Adria über Ungarn, Polen nach der mittleren Ostsee nordwärts, wobei der anfängliche Nordostkurs allmählich in einen nordwestlichen übergeht.

Unter **Zentraltiefl** versteht man ein stationär gewordenes, ausgedehntes T., um das nachfolgende Störungen häufig herumgeführt und von ihm schließlich einbezogen werden. Infolge dieser Energiezufuhr kann sich ein Zentraltiefl oft wochenlang halten und in bezug auf die Zyklonen steuernd wirken. Für Europa sind der Raum südlich Island und das zentrale Mittelmeer Gebiete häufiger Zentraltieflagen.

Eine **Tiefdruckrinne** ist eine langgestreckte Zone niedrigen Luftdrucks zwischen Gebieten höheren Luftdrucks (→ Hochdruckgebiet), wie sie z. B. unter dem Äquator im Bereich der innertropischen Konvergenz entwickelt ist. Auch die Westwindzone mit ihren wandernden T. en ist klimatologisch eine Tiefdruckrinne.

Lit. Raethjen: Dynamik der Zyklonen (Leipzig 1953).

Tiefenregler, → Klangregler.

Tiefenschürfe, swv. → Schärftentiefe.

Tiefgang, dasjenige Höhenmaß, um das ein Schiff im Wasser eintaucht. Der T. hängt von dem Beladungszustand ab und kann an **Tiefgangsmarken** (Ahmungen) am Vor- und Hintersteven, mitunter auch am Mittelschiff abgelesen werden. Er beträgt bei den größten Seeschiffen 12 bis über 17 m. Als **Konstruktionstiefgang** wird der Abstand der theoretischen Schwimmbene (→ Wasserlinie) von der Oberkante des Kiels, gemessen auf halber Schiffslänge, bezeichnet.

Tiefkühlung, ein Verfahren zum Haltbarmachen von Nahrungsmitteln durch schnelles Abkühlen (Schnellgefrieren) bis auf etwa -40°C . Bei langsamer und geringerer Kühlung (bis auf etwa -4°C) bilden sich wenige große Eiskristalle, die die Zellwände organischer Substanz beschädigen. Beim Schnellgefrieren dagegen entstehen viele kleine Eiskristalle, die nicht zerstörend wirken; außerdem wird die Vermehrung von Bakterien sehr stark eingeschränkt. Gegenüber anderen Konservierungsverfahren besitzt die T. den

Vorteil, daß Inhaltsstoffe, wie Aromastoffe und Vitamine, fast unverändert erhalten bleiben.

Das bekannteste Tiefkühlverfahren arbeitet mit dem **Birdseye-Apparat**, in dem zwischen Aluminiumplatten verdampfendes Ammoniak NH_3 zirkuliert. Mit ihm werden vor allem Fische sofort an Bord des Fangschiffes tiefgekühlt, von wo aus sie in einer → Kühlkette bis zum Verbraucher gelangen. Bei anderen Verfahren werden verschlossene Metallbehälter mit tiefgekühltem Salzwasser besprängt oder in flüssige Luft eingetaucht. Beim **Windtunnelverfahren** wird die Ware durch einen Windtunnel geleitet und dort hohen Luftgeschwindigkeiten (etwa 5 m/s) ausgesetzt. Die Luft ist zuvor auf -40 bis -60°C abgekühlt worden.

Neben Frischobst und -gemüse werden neuerdings auch Back- und Konditorwaren sowie fertige Gerichte durch T. konserviert und lassen sich dadurch auf Vorrat herstellen.

Tiefadelinie, → Freibord.

Tiefadewagen, → Schwerlastfahrzeuge.

Tiefafen, ein → Turmoefen.

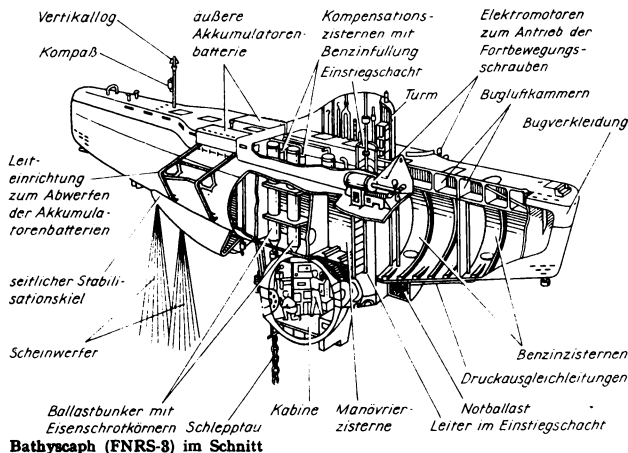
Tiefpaß, → Filter 2).

Tiefsee, der an die Flachsee anschließende hemipelagische, eupelagische und hadale Bereich des → Meeres.

Tiefseegraben, → Meer.

Tiefseetauchgeräte, bemannte Tauchgeräte zur Erforschung der Tiefsee. Die ersten T. waren Tauchkugeln, d. h. druckfeste Stahlkugeln, die von Schiffen an Drahtseilen hinabgelassen wurden. Mit einer solchen Tiefseetauchkugel, der **Bathysphäre**, erreichte der Amerikaner Beebe 1934 eine Tiefe von 923 Metern und der Amerikaner Barton 1948 eine Tiefe von 1370 Metern. Prinzipiell wird die Tiefengrenze der Bathysphäre weniger durch die Druckfestigkeit der Kugel gesetzt als durch die Zugfestigkeit der erforderlichen Stahlseile. Nach dem Vorbild des Freiballons entwickelte der Schweizer Auguste Piccard ein bereits in mehreren Formen gebautes, frei schwimmendes Tiefseetauchboot, **Bathyscaph** (Abb.), bei dem das Seil durch einen Tragkörper ersetzt wird. Dieser ist mit dem gegenüber Wasser spezifisch leichteren Benzin gefüllt, das unter dem der Tauchtiefe entsprechenden hydrostatischen Druck steht. Unter dem Boden des Tragkörpers ist eine kugelförmige Stahlkabine (Innendurchmesser 2 Meter) für Forschungszwecke angebracht. Vertikale Bewegungen werden wie beim Freiballon durch Ballast- und Benzinabgabe erreicht, horizontale Bewegungen mittels zweier durch Elektromotoren angetriebener Propeller. Ein Schleppseil dient zur Stabilisierung in Bodennähe. Mit einem Bathyscaph („Trieste“) erreichten 1953 A. Piccard und sein Sohn Jacques eine Tiefe von 3150 Metern, 1954 die Franzosen Houot und Willm 4050 Meter, 1960 Jacques Piccard und Don Walsh 10910 Meter (Marianengraben, eine der tiefsten Stellen des Weltmeeres). Weitere Konstruktionen von Tiefseetauchbooten sind die **Tauchende Untertasse** des Franzosen Cousteau (Einsatztiefe bis 330 m, 2 Mann Besatzung), das **Mesoscaph** von Jacques Piccard sowie die amerikanischen Tiefseetauchboote **Aluminaut** (bis 6000 m, 4 bis 6 Mann) und **Alvin I** (bis 2000 m, 2 Mann). Mit einem Mesoscaph werden seit 1964 Tauchfahrten mit Fahrgästen im Genfer See unternommen (bis 300 Meter Tiefe).

Tiefstrahler, eine Leuchtenbauart, die den Lichtstrom sehr gleichmäßig auf einen verhältnismäßig kleinen Raumwinkel verteilt. T. werden besonders zur Beleuchtung von Werkstätten, Hallen, Gleisanlagen u. a. benutzt. Im Unterschied hierzu leuchtet der **Breitstrahler** einen sehr großen Raumwinkel aus. Er wird auf breiten Straßen, großen Plätzen verwendet. Den Übergang zwischen beiden Typen bildet der Tiefbreitstrahler.



Tiefemperaturchemie, umfaßt chemische Vorgänge (Reaktionen, Trennprozesse) bei tiefen Temperaturen. Da bei Erniedrigung der Temperatur die Reaktionsgeschwindigkeit verlangsamt wird, können Reaktionen, die bei Normaltemperatur explosiv verlaufen würden, bei tiefen Temperaturen ohne Gefahr vorgenommen werden; außerdem kann bei tiefen Temperaturen die entstehende Reaktionswärme leichter abgefangen werden.

In der T. verwendete chemische Geräte werden vorwiegend aus Glas und Chromnickelstählen hergestellt.

Lit. Laporte: Messung, Erzeugung und Konstanthaltung hoher bis tiefer Temperaturen (Leipzig 1961).

Tiefziehen, ein Blechziehverfahren der Kaltumformung, bei dem ein Stempel eine Platine in einen Ziehring (Matrize) zieht. Die Platine wird dabei durch einen Niederhalter auf die Matrize gedrückt, um eine Faltenbildung beim Umformen zu verhindern. Größere Hohlteile werden durch mehrmaliges T. (Platine – Hohlkörper – Hohlkörper usw.) hergestellt, wobei man gegebenenfalls zwischenglüht, um die Kaltverfestigung rückgängig zu machen und Bodenreißer zu verhindern. Andere Möglichkeiten bieten verschiedene Sonderverfahren: Beim **Stülpsziehen**, das man besonders bei schwer formbaren Werkstoffen anwendet, wird vom Werkstückboden ausgehend noch einmal rückwärts gezogen. Beim **Kostron-Verfahren** wird der Platinenrand erwärmt, um eine Verfestigung zu verhindern. Beim **Auble-Verfahren** verwendet man einen Stempel aus mehreren ineinandergleitenden Teilen, die pausenlos nacheinander die Umformstufen ausführen. Beim **Simultanverfahren** werden die Umformstufen gleichzeitig parallel ausgeführt. Als **Hydroformverfahren** oder **hydromatisches T.** bezeichnet man das Umformen mit Hilfe hydraulischer Druckmittel. Das **Gummibeutelverfahren** wird dann angewendet, wenn ein Niederhalter zum Verhindern der Faltenbildung nicht wirken kann, z. B. beim T. parabolischer Werkstücke. Die Platine wird bei diesem Verfahren von einem flüssigkeitsgefüllten Gummibeutel in die Matrize gezogen. (Abb.)

Das T. wird zur Herstellung von Hohlkörpern angewendet, z. B. von Karosserieteilen, Gefäßen.

Lit. Rabe: Stanzerei, (Leipzig 1951); Romanowski: Handb. der Stanzertechnik (Berlin 1954); Siebel u. Beißwanger: T. (München 1955).

Tiegeldruckpresse, → Druckmaschinen.

Tiegelofen, 1) ein Industrieofen (Schmelzofen) zum Umschmelzen von Metall, z. B. im Stahlwerk und in der Gießerei. Der T. ist ein Gefäßofen, d. h., das Metall befindet sich in Gefäßen (Tiegeln) aus feuerfestem Ton mit Graphitzusatz, die auf dem Herd stehen und vom Öfenfeuer umgeben sind.

2) ein kleiner Laborofen zum Erhitzen von Tiegeln. Er ist meist quaderförmig, innen mit Schamottesteinen ausgekleidet und wird elektrisch beheizt.

Tierkreis, **Zodiakus**, eine die Himmelskugel umspannende Zone, in deren Mitte die Ekliptik verläuft. Der T. enthält die zwölf **Tierkreissternbilder** Widder (♈), Stier (♉), Zwillinge (♊), Krebs (♋), Löwe (♌), Jungfrau (♍), Waage (♎), Skorpion (♏), Schütze (♐), Steinbock (♑), Wassermann (♒), Fische (♓). Das Sternbild Ophiuchus, das auch von der Ekliptik geschnitten wird, zählt nicht mit zu den Tierkreissternbildern. Ein **Tierkreiszeichen** entspricht einem Abschnitt von 30° auf der Ekliptik, dem eines der Tierkreissternbilder zugeordnet wird.

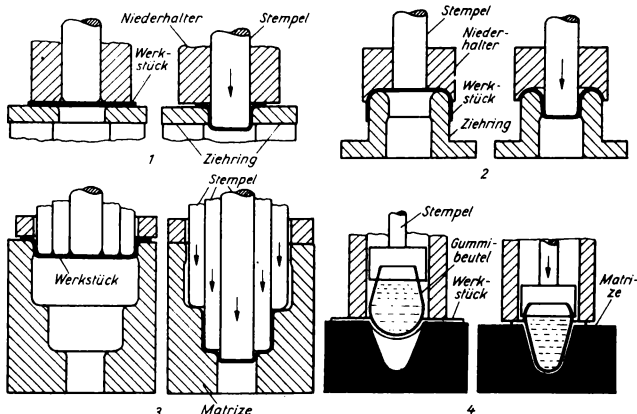
Tierkreislicht, das → Zodiakallicht.

Tigerauge, eine Varietät des → Quarzes.

Tinkal, → Bor.

Tinte, eine zum Schreiben verwendete Flüssigkeit, meist eine Lösung von Farbstoffen. **Eisen-**

gallustinte besteht aus einer wäßrigen Lösung von Gallussäure und Tannin sowie einem Eisen(II)-salz, das auf dem Papier durch Sauerstoff zu Eisen(III)-salz oxydiert und mit Gallussäure und Tannin eine tiefdunkle, auf dem Papier gut haftende Verbindung bildet. **Farbstofftinten** sind wäßrige Lösungen von Farbstoffen, z. B. Eosin (rot), Naphthalingrün (grün), Methylviolett (violett), von Verdickungs- und Konservierungsmitteln. **Wäsche-Zeichentinten** bestehen häufig aus Anilinschwarz sowie aus Harzen, Phenol und Lösungsmitteln. **Glas- und Porzellantinten** werden z. B. durch Mischen von Natronwasserglas mit schwarzer Tusche oder Baryt hergestellt. **Glasätzinten** zur Beschriftung von Glas enthalten Fluorsalze. **Registrierint** für die Meßgeräteindustrie sind Glycerin-Wasser-Farbstoff-Lösungen, die vom Papier absorbiert werden. **Sympathetische T.** oder **Geheimtinten** sind farblose Lösungen, z. B. aus Kaliumchlorat oder Kobaltchlorid, oder Emulsionen, z. B. Milch, die nach dem Schreiben eine unsichtbare Schrift hinterlassen. Die Sichtbarmachung kann durch Wärme, chemische Stoffe oder UV-Bestrahlung erfolgen. **Tischlerverbindungen**, → Holzverbindungen.



Tiefziehverfahren: 1 normales Tiefziehen, 2 Stülpsziehen, 3 Auble-Verfahren, 4 Gummibeutelverfahren

Titan, Symbol Ti, chemisches Element aus der IV. Nebengruppe des Periodensystems, Leichtmetall; Ordnungszahl 22, Massenzahlen der Isotope 48, 49, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196, 198, 200, 202, 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264, 266, 268, 270, 272, 274, 276, 278, 280, 282, 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 362, 364, 366, 368, 370, 372, 374, 376, 378, 380, 382, 384, 386, 388, 390, 392, 394, 396, 398, 400, 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418, 420, 422, 424, 426, 428, 430, 432, 434, 436, 438, 440, 442, 444, 446, 448, 450, 452, 454, 456, 458, 460, 462, 464, 466, 468, 470, 472, 474, 476, 478, 480, 482, 484, 486, 488, 490, 492, 494, 496, 498, 500, 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518, 520, 522, 524, 526, 528, 530, 532, 534, 536, 538, 540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564, 566, 568, 570, 572, 574, 576, 578, 580, 582, 584, 586, 588, 590, 592, 594, 596, 598, 600, 602, 604, 606, 608, 610, 612, 614, 616, 618, 620, 622, 624, 626, 628, 630, 632, 634, 636, 638, 640, 642, 644, 646, 648, 650, 652, 654, 656, 658, 660, 662, 664, 666, 668, 670, 672, 674, 676, 678, 680, 682, 684, 686, 688, 690, 692, 694, 696, 698, 700, 702, 704, 706, 708, 710, 712, 714, 716, 718, 720, 722, 724, 726, 728, 730, 732, 734, 736, 738, 740, 742, 744, 746, 748, 750, 752, 754, 756, 758, 760, 762, 764, 766, 768, 770, 772, 774, 776, 778, 780, 782, 784, 786, 788, 790, 792, 794, 796, 798, 800, 802, 804, 806, 808, 810, 812, 814, 816, 818, 820, 822, 824, 826, 828, 830, 832, 834, 836, 838, 840, 842, 844, 846, 848, 850, 852, 854, 856, 858, 860, 862, 864, 866, 868, 870, 872, 874, 876, 878, 880, 882, 884, 886, 888, 890, 892, 894, 896, 898, 900, 902, 904, 906, 908, 910, 912, 914, 916, 918, 920, 922, 924, 926, 928, 930, 932, 934, 936, 938, 940, 942, 944, 946, 948, 950, 952, 954, 956, 958, 960, 962, 964, 966, 968, 970, 972, 974, 976, 978, 980, 982, 984, 986, 988, 990, 992, 994, 996, 998, 1000. Wertigkeit meist IV, auch III, vereinzelt II, D. 4,50 g cm⁻³, F. 1727 °C, Kp. 3262 °C; 1789 erstmals von Gregor in Form des Dioxids entdeckt, 1825 von Berzelius als Metall dargestellt. T. ist im kompakten Zustand stahlähnlich, in der Kälte hart und spröde, nur bei Rotglut schmiedbar. In reinstem Zustand ist es jedoch so dehnbar, daß es kalt gewalzt werden kann. Bei Raumtemperatur ist T. ziemlich luftbeständig, sehr gut ist es in Flußsäure löslich. Es verbindet die Festigkeit des Stahls mit der niedrigen Masse von Leichtmetallen. Auch ist es sehr korrosionsbeständig. T. kommt in der Natur gar nicht so selten, aber sehr verteilt in nur kleinen Konzentrationen vor, so daß die Anreicherung Schwierigkeiten bereitet. Das technisch wichtigste Erz ist Ilmenit. Außerdem findet sich T. in Titanit und als Dioxid in Rutil. Auch im Boden und in Pflanzen ist T. in Spuren enthalten. Man gewinnt T. aus Ilmenit oder Rutil durch Erhitzen mit Chlor und Kohlenstoff und anschließende Reduktion des gebildeten Titantetrachlorids mit metallischem Magnesium unter Schutzgasatmosphäre von Helium oder Argon (**Kroll-Verfahren**). T. wird dann durch Vakuumdestillation gereinigt. Reines T. erhält

man durch thermische Zersetzung von Titan-tetrahydrid (\rightarrow Aufwuchsverfahren).

Hauptsächlich verwendet man T. in Form von Legierungen mit Al, Cr, V, seltener mit Mo und Mn, als Konstruktionswerkstoff für die chemische Großindustrie, für Überschallflugzeuge, Raketen- und Düsentriebwerke. Als Legierungselement wird T. auch zur Verbesserung der Eigenschaften von Stahl eingesetzt (Ferrotitan, \rightarrow Ferrolegierungen). Reines T. dient als Werkstoff beim Bau von chemischen Anlagen. Poröses metallisches T. eignet sich als Kontakt für die Darstellung von Stickstoff-Wasserstoff- und Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen. Ferner benutzt man T. wegen seiner Eigenschaft, Stickstoff und Sauerstoff zu binden, zur Entfernung letzter Gasreste aus evakuierten Gefäßen, z. B. in der Glühlampenindustrie (Gettermetall).

Titanverbindungen. Titanate, Eoppeloxide des T.s mit anderen Metallen, häufig verwendet in der Elektrotechnik und für keramische Massen; **Titan(III)-chlorid**, TiCl_3 , ein violettes Pulver, verwendet als Textilentfärbungsmittel und in der Titrimetrie; **Titan(IV)-chlorid**, TiCl_4 , eine farblose, stechend riechende Flüssigkeit, verwendet als Beize in der Textil- und Lederindustrie, zur Vergütung von Linsen, zur Erzeugung künstlicher Nebel, als Katalysator bei der Synthese von Platen; **Titan(IV)-fluorid**, TiF_4 , ein weißes Pulver, verwendet für Schmirgelzwecke und zur Herstellung synthetischer Rubine und Saphire; **Titankarbid**, TiC , eine graue bis schwarze, silberglänzende Verbindung, die äußerst widerstandsfähig gegen Säuren ist; TiC , wegen seiner Härte und Widerstandsfähigkeit Bestandteil vieler Hart- und Schneidmetalle, ist stets im titanhaltigen Gußeisen enthalten und dient ferner als Katalysator für Stickstoffanlagerungen; **Titan-nitrid**, TiN , ein goldgelbes bis bronzefarbenes Pulver, dient zur Herstellung von schützenden Oberflächenschichten auf Feinmaschinenlagern, Wälzlagern u. dgl. sowie zur Auskleidung von Reaktionsbehältern; **Titan(IV)-oxid** (Titandioxid), TiO_2 , weißes Pulver, kommt in der Natur bes. als Rutil vor, verwendet als *Titanweiß* für Anstreichzwecke und im Zeugdruck, zur Herstellung von Druckfarben und plastischen Massen, als Mattierungsmittel, Zusatz zu keramischen Erzeugnissen u. a.; **Titan(IV)-sulfid**, TiS_2 , messinggelbe, metallglänzende Schuppen, verwendet als hitzebeständiges anorganisches Schmiermittel.

Titaneisenerz, s.v.w. \rightarrow Ilmenit.

Titanit, 1) ein gesteinsbildendes Mineral, $\text{CaTi}(\text{O/SiO}_4)_2$; monoklin, verschieden gefärbt, Härte nach Mohs 5 bis 5,5, D. 3,3 bis 3,6 g cm^{-3} . T. ist das zweithäufigste Titanmineral; er ist sehr weit verbreitet, tritt jedoch niemals in größeren Massen auf. T. findet sich aufgewachsen auf alpinen Klüften als Sphen mit Chlorit, Periklin u. a., eingewachsen als gewöhnlicher T. in magmatischen Gesteinen und kristallinen Schiefer, auch auf Magnetitlagerstätten.

2) Wz. für ein \rightarrow Hartmetall.

Titanometrie, eine Methode der \rightarrow Oxydometrie.

Titer m, 1) Volumetrie: der Gehalt der zum Titrieren dienenden Lösungen, ausgedrückt in Grammäquivalent je Liter.

2) Textilindustrie: \rightarrow Feinheit.

Titius-Bodesche Reihe, eine von Titius 1766 gefundene, durch Bode bekannt gewordene Beziehung zwischen den mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne. Diese betragen, in Zehnteln des Abstandes Erde - Sonne gemessen, etwa: Merkur 4, Venus 7, Erde 10, Mars 16, Jupiter 52, Saturn 100, Uranus 196. Zieht man bei allen 4 ab, so erhält man die geometrische Reihe 0, 3, 6, 12, 48, 96, 192, wobei noch die 24 einzufügen ist, die der Entfernung der Kleinen Planeten entspricht. Der 1846 entdeckte Neptun

paßt jedoch nicht in jene Reihe, da seine mittlere Entfernung von der Sonne nur 300 (statt 388) beträgt. An seine Stelle kann der 1930 entdeckte Pluto mit 394 treten. Bessere Übereinstimmung der errechneten Werte mit der Wirklichkeit ergeben neuerdings aufgestellte Abstandsgesetze, in denen auch die Masse des Planeten berücksichtigt wird.

Titration, \rightarrow Volumetrie.

Titrimetrie, \rightarrow Volumetrie.

Tl, Symbol für \rightarrow Thallium.

TL, \rightarrow Luftstrahltriebwerk.

Tm, Symbol für \rightarrow Thulium.

TME, 1) Kurz. für \rightarrow technische Masseeinheit.

2) Kurz. für Tausendstel atomare Masseeinheit

\rightarrow atomare Masseeinheit 3).

TML, \rightarrow Antiklopfmittel.

Todd-AO-Verfahren, ein \rightarrow Breitwandverfahren.

Toeplerpumpe, Geislerpumpe, eine Hubkolbenpumpe, die vor allem im Labor für gasanalytische Arbeiten und zum verlustlosen sauberen Umpumpen von Gasen verwendet wird. Dabei dient Quecksilber als selbstdichtender Kolben. Die T. ist im Prinzip aufgebaut wie ein Kompressionsvakuummeter nach McLeod (\rightarrow Vakuummeter), nur daß an Stelle der abgeschlossenen Meßkapillare eine Verbindung zu einem Sammelbehälter tritt. Man kann die T. gleichzeitig als Vakuumpumpe zum Evakuieren von Gefäßen und zum Sammeln der abgepumpten Gasgemenge verwenden. In automatischen Pumpen wird das Quecksilber durch wechselnden Anschluß des Vorratsgefäßes an eine Grobvakuumpumpe und eine Druckluftleitung bewegt.

Tokaido-Strecke II (Tafel 6), eine als „Modell der Eisenbahnen von morgen“ bezeichnete elektrische Eisenbahnstrecke in Japan. Sie verbindet die Städte Tokio und Osaka, wurde 1964 in Betrieb genommen und stellt die z. Z. modernste Eisenbahnverbindung der Welt dar. Beim Bau der 515 km langen Strecke wurden die neuesten technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse des Eisenbahnwesens berücksichtigt. Die T.-S. II hat nicht die sonst in Japan übliche Schmal- oder Kapspur (1067 mm), sondern Normalspur (1435 mm). Es werden ausschließlich strömungstechnisch besonders gestaltete Triebwagen verwendet. Der Betrieb erfolgt mit Einphasenwechselstrom bei einer Frequenz von 60 Hz (Hertz) und einer Fahrdriftspannung von 25 kV (Kilovolt). Ein Zug besteht in der Regel aus 12 Wagen und kann 987 Personen aufnehmen. Die Reisegeschwindigkeit beträgt bei Blitzzügen 171 km/h (Höchstgeschwindigkeit 210 km/h), bei Expreszügen 129 km/h, bei Güterzügen 94 km/h. Mit den Triebwagenzügen wurde eine Höchstgeschwindigkeit von 256 km/h erreicht. Auf Grund der hohen Geschwindigkeiten wurde ein automatisches Zugbeeinflussungssystem mit selbsttätiger Zwangsbremse vorgesehen. Bei Gefahr oder planmäßigem Halt wird der Zug bis auf 30 km/h automatisch abgebremst, dann erfolgt Abbremsung durch den Triebwagenführer. Die Wagen sind mit elektrischer Bremse und Scheibenbremsen ausgerüstet. Streckensignale sind nicht mehr vorhanden, sondern nur noch Führerstandssignale. Sämtliche Signale werden in einem zentralen Kontrollbüro in Tokio bedient.

Tokopherole, \rightarrow Vitamine.

Toleranz, in der Meßtechnik allgemein derjenige Bereich, in dem die herstellungsbedingten Abweichungen einer meßbaren Größe liegen dürfen, ohne die Funktion des betreffenden Teiles zu beeinträchtigen. T.en für Längenmaße geben den Bereich für zulässige Abweichungen von Maß, Form und Oberflächenbeschaffenheit eines technisch erzeugten Körpers an. In der metallverarbeitenden Industrie sind die Werte für

diese zulässigen Abweichungen **Toleranzsystemen** zu entnehmen, die durch Standards festgelegt sind. Für Maßtoleranzen besteht das international eingeführte ISA-Toleranzsystem. Dieses umfaßt gesetzmäßig aufgebaute Reihen von T.en für Außenmaße (z. B. Wellendurchmesser) und Innenmaße (z. B. Bohrungsdurchmesser). Die T. wird durch zwei Zahlenwerte angegeben, das obere und das untere **Nennmaß**, meist kurz **Abmaß** genannt. Das obere Abmaß ist der Unterschied zwischen dem zulässigen **Größtmaß** und dem Nennmaß, das untere Abmaß der Unterschied zwischen dem zulässigen **Kleinstmaß** und dem Nennmaß (\rightarrow Grenzmaße). Das **Nennmaß** ist ein ganzzahliges Maß in Millimetern (z. B. 45 mm), das zur Größenangabe dient und üblicherweise in die technische Zeichnung eingetragen wird. Die Nennmaße und damit die **ISA-Toleranzen** als Differenz zwischen oberem und unterem Nennmaß gelten für den Fall, daß das Werkstück die \rightarrow Bezugstemperatur 20 °C besitzt.

Eine T. wird schaubildlich als **Toleranzfeld** dargestellt, d. i. das durch die Linien für das Größt- und Kleinstmaß begrenzte Feld. Es veranschaulicht die Größe der T. und ihre Lage zu der \rightarrow Nulllinie.

Für die Größe der ISA-Toleranzen ist die internationale Toleranzeinheit i grundlegend: $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$, wobei für D das jeweilige Nennmaß in Millimetern einzusetzen ist und i sich in Mikrometern ergibt. Die Nennmaße 1 bis 500 mm sind in eine Reihe annähernd geometrisch gestufter Nennmaßbereiche eingeteilt. Für jeden Nennmaßbereich besteht eine bestimmte Toleranzeinheit i und eine Reihe von 18 **Grundtoleranzen**, die den Qualitäten 01, 0, 1 ... 16 entsprechen. Die Grundtoleranzen eines Nennmaßbereiches ergeben sich durch Multiplikation der betreffenden Toleranzeinheit mit den Gliedern einer dezimalgeometrischen Reihe (Vorzugszahlenreihe R 5). Die Grundtoleranzen einer bestimmten Qualität aller Nennmaßbereiche zusammengenommen bilden eine Grundtoleranzreihe, bezeichnet als IT (Abk. für ISA-Toleranzreihe). Entsprechend der Anzahl der Qualitäten bestehen die Grundtoleranzreihen IT 01 bis IT 18. Von einer IT-Reihe zur nächstfolgenden wächst die Größe der zum gleichen Nennmaßbereich gehörenden T.en um 60 %.

Die durch die Grundtoleranzen in ihrer Größe festgelegten ISA-Toleranzfelder können verschiedene Lage zur Nulllinie haben. Nach neuesten Festlegungen sind 28 verschiedene Lagen vorgesehen. Sie werden für Innenmaße (Bohrungen) mit Großbuchstaben, für Außenmaße (Wellen) mit Kleinbuchstaben bezeichnet, wobei folgende Buchstaben verwendet werden: A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, Js, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC und entsprechend a bis zc. Eine Sonderstellung nehmen das Bohrungstoleranzfeld H und das Wellentoleranzfeld h ein, die längs der Nulllinie aneinandergrenzen, wobei H oberhalb und h unterhalb der Nulllinie liegen. Diese Toleranzfelder (H; h) werden als Einheitsbohrung bzw. Einheitswelle bezeichnet. Die den Buchstaben A bis G bzw. a bis g zugeordneten Toleranzfelder liegen entsprechend der Reihenfolge (A; a am weitesten) im Falle von Bohrungen oberhalb, im Falle von Wellen unterhalb der Nulllinie. Die Felder J; j bis P; p werden von der Nulllinie geschnitten, die Felder ab R; r liegen entsprechend der Buchstabenfolge für Bohrungen unterhalb, für Wellen oberhalb der Nulllinie. Den durch die verschiedenen Buchstaben gekennzeichneten Toleranzfeldabständen von der Nulllinie liegen Erfahrungsformeln zugrunde, die unter Berücksichtigung der an die ISA-Passungen (\rightarrow Passung) gestellten Anforderungen aufgestellt wurden.

Ein ISA-Toleranzfeld ist vollständig gekennzeichnet durch Angabe des Nennmaßes und des ISA-Kurzzeichens. Letzteres besteht aus dem Kennbuchstaben und der Qualitätszahl, z. B. ist h 8 eine Welle der 8. Qualität, deren Toleranzfeld von der Nulllinie nach minus geht (Einheitswelle).

Beispiel für die Berechnung der Grundtoleranz h 8 mit dem Nennmaß 27 mm. Toleranzeinheit $i[\mu\text{m}] = 0,45 \cdot \sqrt[3]{27} + 0,001 \cdot 27$; $i \approx 1,3 [\mu\text{m}]$. Für Qualität 8 beträgt demnach die Grundtoleranz im Durchmesserbereich 18 bis 30 mm $= 25 \cdot i = 25 \cdot 1,3 \approx 33 [\mu\text{m}]$. Der Faktor 25 ist das 8. (gerundete) Glied der dezimalgeometrischen Reihe R 5 mit dem Stufensprung 1,6. Da es sich um eine Einheitswelle (h-Welle) handelt, liegt das Toleranzfeld von der Nulllinie nach minus.

Außer dem ISA-Toleranzsystem für Längenmaße (Durchmesser, Dicken, Abstände u.ä.) bestehen standardisierte Toleranzsysteme für die geometrischen Bestimmungsgrößen von Befestigungsgewinden (\rightarrow Gewinde) sowie Zahnrädern.

Die für eine Werkstückabmessung vorgeschriebene Maßtoleranz gilt als eingehalten, wenn das am fertigen Werkstück ermittelte \rightarrow Istmaß und das \rightarrow Paarungsmaß innerhalb der Toleranz liegen, \rightarrow Lehre.

Lit. Felber: Toleranz- und Passungskunde (5. Aufl. Leipzig 1963); Tschochner: T.en, Passungen, Grenzlehren (2. Aufl. Leipzig 1959).

Toleranzdosis, bisweilen noch übliche Bezeichnung der maximal zulässigen Dosis ionisierender Strahlung. Die Bezeichnung ist insofern nicht korrekt, als sich bei zeitlich nacheinander erfolgenden Bestrahlungen biologischer Substanz die Strahlungswirkungen auf das Keimdrüsengewebe und teilweise auch diejenigen auf das übrige Gewebe akkumulieren, also keine einzelne Dosis „tolerierbar“ ist. Laut Strahlenschutzverordnung der DDR vom 10. 6. 1964 (GBI II/76 vom 6. 8. 1964) werden bei der Festlegung der maximal zulässigen Dosen in \rightarrow Rem drei Gruppen von Organen oder Körperteilen und drei Bevölkerungskategorien unterschieden:

Gruppe I = Keimdrüsen, blutbildende Organe, Augenlinsen; Gruppe II = Magen-Darm-Kanal, Leber, Lungen, Nieren, Bauchspeicheldrüse, Muskeln und Fettgewebe; Gruppe III = Schilddrüse, Haut, Hände, Unterarme, Knochen. Kategorie A = Personen mit beruflicher Strahlungsbelastung; Kategorie B = Personen, die in unmittelbarer Nähe von Räumen arbeiten, in denen Quellen ionisierender Strahlung verwendet werden, die aber nicht selbst mit solchen Strahlungsquellen beruflich umgehen; Kategorie C = allgemeine Bevölkerung.

Als maximal zulässige Dosis für die Bestrahlung des Gesamtkörpers gelten jeweils die Werte für Gruppe I. Innerhalb eines Jahres dürfen die folgenden Werte (in Rem) nicht überschritten werden:

Kategorie	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
A	5	15	30
B	0,5	1,5	3
C	0,05	0,5	1

Die angegebenen Werte umfassen nicht die Strahlungsbelastungen infolge medizinischer Maßnahmen.

Tolit, Abk. für \rightarrow 2,4,6-Trinitrotoluol.

Tolmische Versuche, nach dem amerikanischen Physiker Tolman benannte Versuche zum Nachweis der Existenz freier Elektronen in einem Metall (\rightarrow Elektronentheorie der Metalle) und ihrer Träger. 1) **Bremsversuch**. Bremsst man eine um ihre eigene Achse rotierende Drahtspule

rasch ab, so laufen die Elektronen infolge ihrer trägen Masse noch etwas weiter und erzeugen einen Spannungsstoß zwischen den Spulenenden. Man kann daraus die Elektronenmasse bestimmen.

2) **Schüttelversuch.** Läßt man einen Metallhohlzylinder rasch um seine eigene Achse schwingen, so werden die Elektronen in ihm in gleicher Frequenz mitschwingen, und man kann in der Umgebung des Zylinders experimentell ein elektrisches Wechselfeld feststellen.

Toluidine, Aminotoluole, $\text{CH}_3\text{—C}_6\text{H}_4\text{—NH}_2$, die drei isomeren Derivate des Toluols: o-, m- und p-Toluidin. Die T. werden durch Reduktion der entsprechenden Nitrotoluole hergestellt. Sie werden zu Farbstoffsynthesen z. B. von Azofarbstoffen verwendet, o- und p-Toluidin auch zur Herstellung von Vulkanisationsbeschleunigern.

Toluol, Methylbenzol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_3$, ein wichtiger, aromatischer Kohlenwasserstoff. T. ist eine farblose, brennbare, sehr giftige Flüssigkeit (Kp. 111 °C) von benzolartigem Geruch. Es läßt sich wie Benzol nitrieren zu den Nitrotoluolen und sulfonieren zu den Toluolsulfonsäuren. T. ist im Erdöl, in Kokereigasen und in der Leichtölfraction der Steinkohlendestillation enthalten und wird durch Fraktionierung gewonnen. Zunehmende Bedeutung gewinnt die synthetische Darstellung durch katalytischen Ringschluß oder Dimerisation aliphatischer Verbindungen, z. B. von Buten und Propen. T. ist ein gutes Lösungsmittel. In der chemischen Industrie ist es ein wichtiges Ausgangsprodukt z. B. zur Herstellung von Benzaldehyd, Benzoesäure, 2,4,6-Trinitrotoluol und Saccharin.

Tombak, → Messing (Rotmessing) mit hohem Kupfergehalt (72 bis 90 % Kupfer, 18 bis 10 % Zink). Die Tombaksorten sind sehr gut verformbar und werden z. B. für Kondensator- und Manometerrohre sowie für Turbinenschaufeln und Rotoren von Kreispumpen eingesetzt. Vergoldeter T. wird als T. bezeichnet.

ton, 1) Kurz. t (*Plur.* tons, Kurz. ts), englische Masseinheit. 1 ton = 2240 lb (pounds) = 1016,047 kg = 1,016 t (Tonne). 2) **short ton**, Kurz. sh tn, Masseinheit in den USA. 1 sh tn = 2000 lb (pounds) = 907,185 kg. 3) **long ton**, Kurz. ltn, Masseinheit in den USA. 1 ltn = 2240 lb (pounds) = 1016,047 kg = 1,016 t. 4) **metric ton**, Masseinheit in den USA. 1 metric ton = 1000 kg = 1 t (Tonne).

Ton, 1) Akustik: der → Schall im Bereich des menschlichen Hörens, der in Abhängigkeit von der Zeit sinusförmig verläuft. Treten mehrere Töne gleichzeitig auf, so ergibt sich ein → Tongemisch.

2) Mineralogie: ein feinklastisches, unverfestigtes Sedimentgestein mit Korngrößen unter 0,02 mm, das vorwiegend aus einer Gruppe von Aluminiumsilikaten mit Schichtstruktur und Blättchenform, den **Tonmineralen**, besteht. Vor allem kommen Kaolinit, Illit und auch Montmorillonit vor. Die Bildung dieser Minerale vollzieht sich während der chemischen Verwitterung. Der Anteil und die Qualität vorhandener Tonminerale bestimmen die charakteristischen Eigenschaften der T.e. Von hoher Bedeutung, besonders für die technische Verwendung, sind vor allem die Plastizität des T.s im feuchten Zustand, die Fähigkeit der Wasseraufnahme wegen der sehr feinen Poren und (nach Sättigung) die praktische Undurchlässigkeit für Wasser sowie die Fähigkeit, Ionen und auch organische Stoffe zu adsorbieren oder gegen andere auszutauschen. Ferner sind auch die keramischen Eigenschaften wichtig. Neben den Tonmineralen vorkommende, zugleich mit abgelagerte oder nachträglich gebildete Minerale verändern viele dieser Eigenschaften, meist ungünstig (magerer Ton durch Quarz), oder bedingen die Farbe (Humus, Eisenverbindungen).

Durch Überlagerungsdruck tritt Verfestigung zu **Schieferton** und weiter zu → **Tonschiefer** ein. Sandiger Ton ist Lehm. T. ist in verschiedener Ausbildung als Süßwasser- und Meeresabsatz in allen jüngeren Formationen vorhanden und weit verbreitet. Er wird zur Herstellung von Steingut und anderer Grobkeramik sowie von Ziegeln und Schamotte (feuerfeste T.e) verwendet, ferner als Dichtungsmaterial für Wasserbauten.

3) **Bodenkunde:** die Bezeichnung für Bodenteilen mit Korngrößen unter 0,002 mm Durchmesser. Der Tonanteil der Böden bestimmt zu einem großen Teil deren Fruchtbarkeit infolge des Speichervermögens der Tonminerale für Pflanzennährstoffe (vor allem Kalium).

Tonabnehmer, Teil des → Plattenspieler oder → elektrischer Musikinstrumente.

Tonalit, → Diorit.

Tonband, → Magnettonträger.

Tonbeton, ein künstlicher anorganischer Dichtungstoff. Er wird durch Vermengung eines für Dichtungszwecke wenig geeigneten Erdstoffes mit Tonmehl und Wasser (ohne Zugabe von Chemikalien) im Zwangsmischer hergestellt und vor allem im Wasserbau (bei Erdstaudämmen, Flußläufen usw.) zur Dichtung von Böschungen und Sohlen verwendet.

ton deadweight [englisch 'Tonne Totlast'], Kurz. t dw, Maßeinheit zur Angabe der Tragfähigkeit von Schiffen, d. h. der Masse der Nutzladung, der Besatzung und ihrer Ausrüstung einschließlich Verpflegung, Wasser, Brennstoff und sonstigen Betriebsmaterials. 1 t dw = 1016 kg = 1,016 t.

Tondruck, das Drucken oder Überdrucken von Flächen mit einer aufgehellten meist lasierenden oder halbdeckenden Druckfarbe (Tonfarbe).

Toneisenstein, Konkretionen von → Siderit in Steinkohlen.

Tonerde, → Aluminium.

Tonfilm, → Filmtchnik.

Tonfrequenz, die Frequenz im Hörfrequenzbereich, also zwischen ungefähr 16 und 16000 bis 20000 Hz.

Tonfrequenzspektrograph, ein Gerät zur → Schallanalyse.

Tongemisch, → Schall, der aus einzelnen Tönen (Teiltönen) beliebiger Frequenzen zusammengesetzt ist. Sind die Teiltöne harmonisch, d. h., sind ihre Frequenzen ganzzahlige Vielfache eines **Grundtones** (in diesem Fall Obertöne oder Harmonische genannt), so heißt das T. harmonischer Klang. Sind die Teiltöne nicht harmonisch, so heißt das T. entweder Klanggemisch oder → Geräusch. Die Grenze zwischen Klanggemisch und Geräusch ist fließend.

Das Verhältnis der Frequenzen zweier Töne heißt im musikalischen Sprachgebrauch Intervall.

Der Sinnesindruck, der aus dem Zusammenwirken von Anzahl, Amplitude und Frequenz der Teiltöne eines T.s resultiert, heißt **Klangfarbe**; sie ist von der Phase der Teiltöne unabhängig.

Tonnage, der Raumgehalt eines Schiffes, auch der Gesamtschiffsraum einer Flotte, in → Registertonnen. Manche Angaben sind jedoch auch in Tonnen (→ Tragfähigkeit oder Displacement, → Wasserverdrängung) gemacht.

Tonne, 1) Kurz. t, gesetzliche Einheit der Masse. 1 t = 10³ kg = 10⁶ g. **Kilotonne**, Kurz. kt, = 10³ t. **Megatonne**, Kurz. Mt, = 10⁶ t. **Dezitonne**, Kurz. dt, = 10⁻¹ t = 100 kg. Die Dezitonne ist an die Stelle des Doppelzentners getreten. **Tonne/Tag**, Kurz. t/d, = 10³ kg/24 h (Stunden). Die Bezeichnungen Taton und Tages-tonne sind falsch und nicht zulässig. **Tonne/Jahr** = 10³ kg/365 d (Tage). Das Kurz. t/a ist nicht zu empfehlen, da dies auch Tonne/Ar gelesen werden kann. Die Bezeichnungen Jato und Jahrestonne sind falsch und nicht zulässig.

2) ein schwimmendes → Seezeichen.

Tonsäule, die Anordnung von mehreren übereinandergelagerten gleichartigen → Lautsprechern. Dabei stehen die Achsen der Lautsprecher fast oder ganz parallel zueinander. Durch diese Lautsprecheranordnung wird der Schall vorwiegend in der waagerechten Ebene abgestrahlt. Man verwendet T.n. deshalb vorzugsweise im Freien oder in halligen Räumen, um eine günstige Lautstärkeverteilung und im zweiten Fall außerdem eine Verringerung der Wirkung des Nachhalls, der die Verständlichkeit der Sprache herabsetzt, zu erzielen.

Tonschiefer, dünnschiefriertes, hartes, meist blaugraues, aber auch anders gefärbtes Gestein, das durch extreme Diagenese oder durch beginnende Metamorphose über Schiefer-ton aus Ton hervorgegangen ist. T. enthält vor allem Tonminerale (→ Ton), daneben Quarz, Muskovit und Chlorit in kleinen Kristallen, ferner Rutilnadeln, auch häufig Pyrit. Bei größerem Gehalt an Pyrit spricht man von **Alaunschiefer**. Ebenflächige, in dünne Tafeln spaltbare, pyritfreie T. werden als **Dachschiefer** (wetterfest und frostsicher), quarzreiche von gleichmäßig feinen Korn als **Wetzschiefer** gebraucht. **Grifelschiefer** sind T., die sich nach Schicht- und Schieferungsflächen spalten lassen, wobei die Spaltebenen in einem nicht zu spitzen Winkel aufeinander stehen.

Tonwaren, swv. → Keramik.

Topas, ein gesteinsbildendes Mineral, $Al_2[F_2SiO_4]$; orthorhombisch, farblos, meist gelbe Farbtöne, mitunter auch rötlich, bläulich, Härte nach Mohs 8, D. 3,5 bis 3,6 g cm⁻³. T. ist ein wesentlicher Bestandteil der Greisen. Er wird als Schmuckstein und Schleifmaterial verwendet. In derben, stengeligen Aggregaten wird der T. als **Pyknit** bezeichnet.

Top-Destillation, → Hydrierung.

Topfkreis, ein Stück einer konzentrischen Leitung (→ Koaxialkabel), das als Schwingkreis etwa im Frequenzbereich 0,5 bis 3 GHz verwendet wird. Die mechanische Länge beträgt etwa ein Viertel der Wellenlänge oder ein ganzzahliges Vielfaches davon. Der kapazitiv belastete T. ist mechanisch kürzer. Der praktisch verwendete T. ist allseitig geschlossen (Abb.). Die Ankopplung des T.es an den anderen Teil der Schaltung kann galvanisch, kapazitiv oder induktiv erfolgen. Induktivität und Kapazität der Ersatzschaltung ergeben sich aus den Abmessungen. Bei genügender Oberflächengüte lassen sich elektrische Gütefaktoren in der Größenordnung von 10 000 erreichen. Üblich ist versilbertes Kupfer mit möglichst geringer Oberflächenrauigkeit. (Abb.)

Topfstein, → Talk.

Topochemie, ein Zweig der physikalischen Chemie, der sich mit Reaktionen befaßt, die an oder in festen Stoffen, also örtlich [griechisch topos „Ort“] gebunden ablaufen, im Gegensatz zu gewöhnlichen chemischen Reaktionen, die in flüssiger oder gasförmiger Phase erfolgen. Wichtig ist die T. in der Kristallographie (Keimbildung, Kristallwachstum u. a.).

Topographie [griechisch, „Ortsbeschreibung“], 1) die Gesamtheit der Ausstattung eines Erdraumes in Hinsicht auf → Situation (Bodenbedeckung, Siedlungen, Verkehrswege und sonstige → topographische Gegenstände) und Relief sowie deren Beschreibung in Form von → **topographischen Karten**, d. s. Karten mit großem Maßstab, der die Darstellung von vielen Einzelheiten gestattet.

2) die Lehre von der Methodik der Aufnahme des Geländes (**topographische Aufnahme**) und der Wiedergabe in topographischen Karten.

topographische Gegenstände, Bezeichnung für in topographischen Karten darstellbare und daher bei der topographischen Aufnahme

einzumessende Einzelheiten des Geländes, z. B. Wegweiser, Brücken, Laternen, Leitungsmasten, Mauern, Zäune.

topographische Karten, großmaßstäbliche → Karten, die auf der exakten, vollständigen Ausmessung der Erdoberfläche mit ihren Relief-formen und topographischen Objekten beruhen. Unmittelbar aus der Vermessung (Landesvermessung) gehen die **topographischen Grundkarten** (Maßstab 1:2000 bis 1:10 000) hervor, aus denen die **topographischen Folgemaßstäbe** abgeleitet werden (topographische Detailkarten 1:10 000 bis 1:50 000, topographische Übersichtskarten 1:100 000 bis 1:500 000). Der Karteninhalt unterliegt dabei einer fortschreitenden → Generalisierung: aus der detaillierten Grundrißdarstellung einer Siedlung in der topographischen Grundkarte 1:10 000 z. B. wird auf der topographischen Übersichtskarte 1:500 000 ein Ortsring.

Topologie, ein Teilgebiet der höheren Mathematik, das sich auf Mengenlehre und abstrakte Algebra stützt. Die T. bildete sich erst in neuerer Zeit heraus und gewinnt auch in anderen Zweigen der Mathematik (z. B. Algebra, Gruppentheorie, Funktionentheorie) immer mehr an Bedeutung. Die T. untersucht diejenigen Eigenschaften geometrischer Gebilde (Kurven, Flächen und andere Punktmengen), die bei umkehrbar eindeutigen und beiderseits stetigen Abbildungen ungeändert bleiben (z. B. der Zusammenhang, die Dimension oder die Eigenschaft einer Menge, offen bzw. abgeschlossen zu sein, → Punktmenge). Solche Abbildungen nennt man **topologische Abbildungen**. Zwei Figuren, die auseinander durch eine topologische Abbildung hervorgehen (z. B. durch Verbiegung oder Verzerrung), heißen **topologisch äquivalent** oder **homöomorph**. Zum Beispiel sind Kreis und Quadrat homöomorphe Gebilde, Kreisfläche und Kreisring hingegen nicht. In der T. unterscheidet man zwei Richtungen: die kombinatorische T. und die mengentheoretische T.

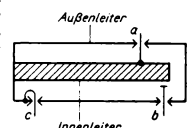
Lit. Császár: Grundlagen der allgemeinen T. (dtsh Leipzig 1963); Pontrjagin: Grundzüge der kombinatorischen T. (dtsh Berlin 1956); Topologische Gruppen, 2 Tle (dtsh Leipzig 1957 u. 1958); Vettors: T. (Berlin 1962); Militärtopographie (2. Aufl. Berlin 1967); Ztschr. Vermessungstechnik (Berlin).

Torbernit, → Uranminerale.

Torf, ein schwarzes bis hellbraunes, brennbares Zersetzungsprodukt aus organischen Substanzen mit faserigem Gefüge. T. ist das erste Glied der langen Inkohlungsreihe über die Braunkohle bis zur Steinkohle. Sein Heizwert beträgt 2250 bis 3900 kcal kg⁻¹, bei sehr trockenem T. kann er auf 4200 bis 5400 kcal kg⁻¹ ansteigen. T. entsteht in Mooren. Der **Torfabbau** erfolgt heute weitestgehend maschinell, z. B. durch Bagger, Torfkraftstecher und Fräsmaschinen. Das modernste Torfgewinnungsverfahren ist das Hydrotorf- oder Spritzverfahren, bei dem der T. mit einem Wasserstrahl aus dem Moor abgetrennt wird. Der **Hydrotorf** ist besonders für die Verkokung geeignet. Aus den obersten Torfschichten der Moore, dem **Fasertorf** (**Grastorf**, **Moostorf**) stellt man durch Zerkleinern und Trocknen **Torfmul** (**Torfstreu**) her, der als Stallstreu, Kälteschutz (zum Abdecken und Verpacken) sowie vor allem zur Düngung und Auflockerung von Kulturboden dient. Die Vergasung von T. liefert ein relativ hochwertiges Generatargas.

torische Linse, eine asphärische Linse mit wulst- oder tonnenförmiger Fläche, vor allem für Brillen zum Ausgleich des Astigmatismus verwendet.

Torkretverfahren, **Torkretieren**, **Mörtelspritzverfahren**, ein Verfahren zum Anbringen von Spritzbeton, einem besonders dichten, festen Beton, an Wände u. ä. Zement und feinkörnige



Topfkreis mit Ankopplung. a galvanisch, b kapazitiv, c induktiv

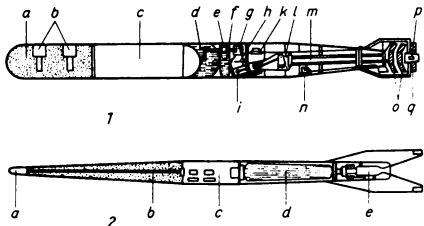
Tornado

Zuschlagstoffe werden ohne Wasserzugabe gemischt und dann über eine Schlauchleitung mit Druckluft unter hohem Druck (etwa 2 bis 3 at) bei gleichzeitiger Zuführung von Wasser durch eine Düse gespritzt. Das T. wird u. a. angewandt zur Herstellung dünner Wände (Anwurfände), zum Putzen, zur feuerhemmenden Ummantelung von Stahlkonstruktionen und von Grubenbauen, zur Schließung von Hohlräumen und Rissen im klüftigen Fels, zur Verfestigung und Ausbesserung beschädigter Bauteile.

Tornado, ein → Wirbelsturm.

Torpedo, ein zigarrenförmiges Unterwassergeschoß mit Eigenantrieb und -steuerung zur Zerstörung des Unterwasserteils gegnerischer Schiffe. Die Zündung erfolgt durch Aufschlag- oder Spezialzünder. Die T.s haben ein Kaliber von 450 bis 533 mm, seltener von 609 und 712 mm, die Länge beträgt 4 bis 8 m, die Gesamtmasse bis zu 2000 kg und mehr, die Geschwindigkeit im Wasser 20 bis 60 Knoten, die Laufstrecke 3 bis 17 km. Im Vorderteil (Sprengkopf) können bis zu 560 kg chemischer Sprengstoff oder eine Kernsprengladung enthalten sein.

Nach der Antriebsart unterscheidet man Dampf-, Elektro- und reaktive T.s, nach der Manöverart geradlaufende, zirkulierende und zielsuchende T.s. Bei **Dampfgastorpedos** erfolgt der Antrieb durch eine mehrzylindrige Kolbenmaschine oder eine Turbine, die als Arbeitsmittel ein Gemisch aus Druckluft und Wasserdampf verwenden. **Elektrotorpedos** werden von Elektromotoren angetrieben, die ihre Energie aus Akkumulatoren erhalten. Die Bewegung wird bei Dampf- und Elektrotorpedos auf zwei gegenläufige Schrauben am Heck übertragen. Die Bewegung **reaktiver T.s** wird durch einen im Heck austretenden Gasstrahl (Dampf oder Verbrennungsgase von Pulvertreibsätzen) erzeugt. Dampf- und Elektrotorpedos und reaktive T.s hinterlassen im Gegensatz zu Elektrotorpedos eine sichtbare Blasenspur.



1 Dampfgastorpedo (Längsschnitt). a Gefechtskopf, b Zünder, c Druckluftkessel, d Wasserkammer, e Luftventil, f Brennstofftank, g Druckregler, h Verdampfer, i Antriebsmaschine, k Tiefensteuermaschine, l Getriebe, m Antriebswellen, n Kreiselgerät, o Treibschrauben, p Tiefenruder, q Seitenruder. 2 Reaktivtorpedo (Längsschnitt). a Zielsuchkopf, b Gefechtskopf, c Steuergeräte, d Brennstofftank, e Reaktivmotor

Der Abschub aus dem **Torpedorohr** (s. u.) geschieht durch Druckluft, Druckkolben oder Pulver. Dabei wird zugleich der Antrieb angelassen und der Steuermechanismus des T.s in Tätigkeit gesetzt, der den T. in der eingestellten Tiefe hält und die Laufrichtung überwacht. Beim **geradlaufenden T.** hält der Steuermechanismus den geraden Kurs, beim **zirkulierenden T.** läßt er ihn im Kreise, im Zick-Zack usw. laufen. Der **zielsuchende T.** steuert nach dem Abschub das akustische (Schraubengeräusche), elektromagnetische, magnetische oder hydrodynamische Feld des Zieles an. Diese Eigenschaften des Zieles können auch auf den Spezialzünder des T.s einwirken, der die Sprengladung in der Nähe des Zieles oder unter diesem detonieren läßt. Auch die Zündung von T.s durch den Schiffsschatten ist möglich.

Raketentorpedos stellen eine Verbindung von Rakete und T. dar. Der T. wird mittels einer Trägersrakete (→ Raketenwaffen) über oder unter Wasser gestartet. Nach Flug auf ballistischer Bahn ins Zielgebiet löst er sich vor dem Aufschlag auf das Wasser von der Trägersrakete und fällt an einem Fallschirm ins Wasser. Danach löst sich der Fallschirm vom T., der nun mit eigenem Antrieb zielsuchend das gegnerische Schiff ansteuert. Die Reichweiten von Raketentorpedos können mehrere hundert Kilometer betragen.

Torpedoträger sind U-Boote, Torpedoschnellboote, U-Boot-Jagdschiffe, Küstenschutzschiffe bzw. Fregatten, Zerstörer, Kreuzer sowie Torpedoflugzeuge. U-Boote ohne Raketenbewaffnung haben 4 bis 16 Torpedorohre, Unterwasser-Raketenträger 4 bis 6 (für U-Boot-Abwehr-torpedos). U-Boot-Jagdschiffe und Torpedoschnellboote sind im allgemeinen mit zwei bis vier Torpedorohren ausgerüstet. Bei U-Booten befinden sich die Torpedorohre in Bug und Heck, U-Boot-Jagdschiffe und Torpedoschnellboote schießen die T.s hauptsächlich in Fahrtrichtung ab. Größere Überwasserschiffe (Küstenschutzschiffe, Zerstörer, Kreuzer) haben meist 6 bis 10 Torpedorohre (über oder unter der Wasserlinie) und Starttrampen für Raketentorpedos zur Bekämpfung von U-Booten. Überwasser-Torpedorohre sind meist zu dreh- und richtbaren Sätzen (3 oder 4 Rohre) zusammengefaßt. Torpedoflugzeuge sind heute mit Strahltriebwerken ausgerüstet und erreichen hohe Geschwindigkeiten; sie tragen bis zu 6 T.s und verfügen über modernste Geräte, die es ermöglichen, T.s unter allen meteorologischen Bedingungen einzusetzen. Der Abwurf erfolgt aus großen Höhen, wobei die T.s an Fallschirmen zur Wasseroberfläche gelangen. Nach dem Eintauchen ins Wasser beginnen sie zu zirkulieren oder nehmen die Zielsuche auf. Beim Abwurf aus dem Tiefflug gelangen die T.s ohne Fallschirm ins Wasser und laufen gerade auf das Ziel zu oder beginnen mit der Zielsuche.

Torr, nach dem italienischen Mathematiker Torricelli benannte gesetzliche Einheit des Drucks, gebräuchlich besonders bei Luftdruck- und Vakuummessungen. Das T. ist der 760ste Teil der physikalischen Atmosphäre; $1 \text{ Torr} = 1,316 \cdot 10^{-3} \text{ atm} = 1,333 \cdot 10^2 \text{ N m}^{-2}$.

Torricellische Ausflußformel, → Strömungslehre.

Torsion, 1) Mathematik: die Windung einer → Raumkurve. 2) Physik: → Verdrehung.

Torsionsfestigkeit, svw. → Verdrehfestigkeit.

Torsionsschwingung, → Schwingung.

Torsionsstab, svw. → Drillstab.

Torsionsversuch, svw. → Verdrehversuch.

Torsionswaage, → Drehwaage.

Torus m, 1) **Kreiswulst**, Ringfläche, die durch Rotation eines Kreises um eine in dessen Ebene liegende, aber seine Peripherie nicht schneidende Gerade (Achse) entsteht; 2) der von einer Ringfläche begrenzte Körper. Ein T. ist z. B. der Rettungsring. Das Volumen des T. wird nach den → Guldinschen Regeln berechnet.

Tosbecken, **Sturzbecken**, ein unmittelbar hinter Talsperren oder Wehren auf der Luftseite angeordnetes Becken, in das die Grundablässe und Hochwasserentlastungsanlagen (Überfall, Schußrinne, Kaskade) einmünden. Die Bewegungsenergie des herabstürzenden oder ausströmenden Wassers soll im T. durch Wasserwalzenbildung, z. T. mittels → Schikanen, umgewandelt werden, um Auskolkungen im Unterlauf zu vermeiden.

Totalintensität, → Erdmagnetismus.

Totalreflexion, → Reflexion.

Totalvision-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

toter Gang, in Getrieben die Summe der Einzelspiele (\rightarrow Spiel), die zur Erzielung der Beweglichkeit unvermeidlich, für die Laufgenauigkeit, die Leistungsübertragung usw. aber nachteilig ist.

toter Punkt, die Getriebestelle, bei der das Antriebsglied keine Bewegung mehr auszulösen vermag. Bei Kolbenmaschinen liegt der tote Punkt am Anfang und Ende des Hubes. Er wird überwunden durch die Bewegungsenergie des Schwungrades oder durch ein zweites gleichartiges Getriebe, das zum ersten versetzt angeordnet ist.

tote Zone, das ringförmige Gebiet um einen Kurzwellensender, in dem der Empfang nicht oder nur schlecht möglich ist, \rightarrow Kurzwellen.

Totlage, die Umkehrlage der Bewegung eines schwingenden oder hin- und herschiebenden Getriebegliedes. Sie stellt zwei identische Lagen dieses Gliedes dar, denen zwei unendlich benachbarte Lagen des Antriebsgliedes entsprechen. Man unterscheidet **äußere T.** und **innere T.** (wenn Kurbel und Koppel übereinanderliegen). T.n treten stets paarweise auf. Die T.n des Antriebsgliedes und die dazugehörigen Kurbelstellungen sind oft Ausgangspunkte bei der Maßsynthese. So benutzt ein von Alt entwickeltes Konstruktionsverfahren zum Bestimmen der Gliedlängen eines Getriebes die T.n (Totlagenkonstruktion von Alt).

Totmannbremse, svw. \rightarrow Sicherheitsfahrerschaltung.

Totwasser, \rightarrow Grenzschicht.

Tourenzähler, svw. \rightarrow Umdrehungszähler.

Tournai, \rightarrow Karbon.

Toxikologie, ein Teilgebiet der Pharmakologie, das sich mit der Wirkung von Giften befaßt. Zwischen Pharmakologie und T. bestehen fließende Übergänge, da ein und dieselbe Substanz Arzneimittel (Pharmakon) oder Gift sein kann. Lit. \rightarrow Pharmakologie.

T.P., Abk. für \rightarrow trigonometrischer Punkt.

TPC-Prozeß, \rightarrow Kracken.

tpm, Kurz. für transmutations per minute, \rightarrow transmutations per second.

tps, Kurz. für \rightarrow transmutations per second.

Trabant, svw. \rightarrow Satellit.

Tracer [englisch to trace ‚nachspüren, verfolgen, nachweisen‘], Stoffe (Atome, Moleküle, makroskopische Teilchen), mit denen sich chemische, physikalische, biologische oder technische Vorgänge verfolgen lassen. Als T. verwendete Stoffe müssen markiert werden. Die **Markierung** erfolgt durch Zugabe (bei Elementen) oder Einbau (bei Molekülen) von Radionukliden (**Radioindikatoren**) oder von stabilen Isotopen, die sich in ihren relativen Häufigkeiten von der natürlichen isotonen Zusammensetzung deutlich unterscheiden, wobei das seltenere Isotop meist angereichert ist. Die markierten Substanzen verhalten sich hinsichtlich des zu untersuchenden Vorgangs genau so wie unmarkierte Substanzen. Der Nachweis der Radionuklide ist mit \rightarrow Strahlungsdetektoren oder mit Hilfe der \rightarrow Autoradiographie direkt an der Probensubstanz oder am lebenden Organismus möglich. Stabile Isotope können nicht direkt am zu untersuchenden Objekt nachgewiesen werden. Sie werden z. B. mit einem Massenspektrometer gemessen.

Anwendung. Radionuklide werden mit Vorteil dort angewendet, wo Untersuchungen direkt am Objekt erforderlich sind. Nachteilig ist der mehr oder weniger große Aufwand für den Strahlenschutz. Stabile Isotope eines Elements werden dann eingesetzt, wenn von diesem Element keine oder nur sehr kurzlebige Radioisotope zur Verfügung stehen oder wenn Strahlenschädigungen, z. B. bei Untersuchungen am lebenden Objekt, unbedingt ausgeschlossen werden sollen. In der Biologie und in der Medizin können z. B. zur

Verfolgung von Stoffwechsel- und Transportvorgängen mit Deuterium (D), Tritium (T), Kohlenstoff-13 (^{13}C), Kohlenstoff-14 (^{14}C), Stickstoff-15 (^{15}N), Sauerstoff-18 (^{18}O), Phosphor-32 (^{32}P) und Jod-131 (^{131}J) markierte T. verwendet werden. So kann man mit dem radioaktiven Jodisotop ^{131}J die Jodaufnahmefähigkeit der Schilddrüse bestimmen. Stoffwechselvorgänge im menschlichen Körper lassen sich z. B. mit Hilfe eines Zuckers studieren, in dessen Moleküle das radioaktive Kohlenstoffisotop ^{14}C substituiert wurde. Man kann den Übertritt des Zuckers in die Blutbahn verfolgen und anschließend ^{14}C im ausgeatmeten Kohlendioxid nachweisen. Die Strahlenbelastung des lebenden Organismus muß dabei so niedrig wie möglich gehalten werden. Bei Pflanzen läßt sich der Stoffwechsel z. B. mit dem radioaktiven Phosphorisotop ^{32}P verfolgen. In der Chemie dienen T. zur Klärung von Reaktionsmechanismen und Austauschvorgängen, zu kinetischen Untersuchungen, zur Kontrolle der Vollständigkeit von Fällungsreaktionen u. a. In der Technik setzt man vor allem Radionuklide ein, z. B. für Verschleißuntersuchungen. Durch Messung der von ihnen ausgesandten Strahlung lassen sich bereits geringe Mengen des abgeriebenen Materials (z. B. im Schmieröl) nachweisen.

Trachyt, ein graues bis rötliches Ergußgestein meist jüngeren Alters, das sich aus einer Grundmasse von leistenförmigem Kalifeldspat (Sanidin), Pyroxen und Magnetit mit Einsprenglingen von gut ausgebildeten Sanidinen, Oligoklas und Amphibol zusammensetzt. **Alkalitrachyte** enthalten vorwiegend natronhaltigen Plagioklas (Albit). T. ist weit verbreitet und wird als Mühlstein, Pflasterstein und Schotter verwendet. Das entsprechende Gestein höheren Alters ist der nicht so häufig vorkommende **Orthoklasporphyr** (Orthophyr).

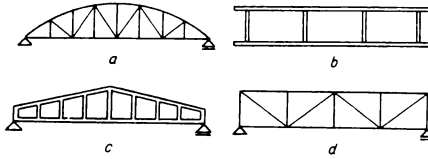
Tracke, svw. \rightarrow Hüllstoffe.

Tracking, englische Bezeichnung für eine kontinuierliche Ortung, bei der meist mittels \rightarrow Radars der Kurs eines Objektes verfolgt wird und laufend dessen Positionsdaten angegeben werden.

Träger, in der Bautechnik ein waagrecht verlegter Bauteil, der in zwei oder mehr Punkten unterstützt ist und eine aufgebrauchte Last trägt. T. kommen in Decken- und Dachkonstruktionen, im Brückenbau u. a. vor. Bei Unterstützung in nur zwei Punkten spricht man von einem **frei aufliegenden T.**, bei Unterstützung in mehreren Punkten von einem **durchlaufenden T.** oder **Durchlaufräger**. Durchlaufräger sind wirtschaftlicher, da sie wegen des günstigeren Momentenverlaufs geringere Konstruktionshöhe erfordern. Der T. wird durch die Belastung vor allem auf Biegung beansprucht. Gerade T. (**Balkenträger**) wirken in statischer Hinsicht wie ein gerader Balken, sie übertragen die Last auf ihre Auflager als senkrechten Druck. **Bogenträger** (**Vollwand- oder Fachwerkträger**) üben je nach dem Krümmungswinkel oder Stich schräg gerichtete Kräfte auf ihre Auflager aus; sie sind als Bogen geformt oder haben gebogenen Ober- und geradlinigen Untergurt (**Bogensehnen-träger**).

Der T. ist im einfachsten Falle ein Holzbalken (\rightarrow Balken), oder er besteht aus Stahl oder Stahlbeton. Der Querschnitt des Balkens richtet sich nach der zu überbrückenden Spannweite und nach der Auflast; Rechteckquerschnitte sind günstiger als quadratische. Stahlträger bestehen aus einem mittleren senkrechten **Sieg** und einem oberen und unteren breiten **Flansch**, z. B. I-Träger. **Kastenträger** bestehen aus zusammengesetzten Bohlen oder parallelen Blechträgern mit durchgehender Gurtplatte; sie haben einen Hohlquerschnitt und dienen zum Aufnehmen schwerer Lasten. **Vollwandträger** bestehen aus einer senkrechten Wand aus starkem

Stahlblech (Blechträger), an der oben und unten mit Winkelseisen waagerechte Auflageplatten (→ Gurt, Gurtplatten) angenietet oder angeschweißt sind, oder sie bestehen aus Holz (genagelt oder verleimt) oder Stahlbeton. Bei **Fachwerkträgern** ist die Wand zwischen den Gurten in viele senkrechte und schräg verlaufende Füllungsstäbe (Druck- und Zugstäbe) aus Stahl, Stahlbeton oder Holz aufgelöst (→ Fachwerk). **Parallelträger** sind Vollwand- oder Fachwerkträger, deren Gurte gerade sind und parallel verlaufen.



Trägerformen: a) Bogenstahlträger, b) Kastenträger aus Stahlblech, c) Vollwandträger aus Stahlbeton, d) Fachwerkträger als Parallelträger

Der **Gerberträger** ist ein über mehrere Felder durchlaufender T., der durch Einschalten von Gelenken (dadurch kein durchlaufender Träger mehr) statisch bestimmt gemacht worden ist. Beim Gerberträger treten geringere Biegemomente als bei Durchlaufträgern ohne Gelenke auf; die Trägerquerschnittsfläche kann daher kleiner sein. Die Gelenke müssen so angeordnet sein, daß die Stabilität des T.s erhalten bleibt. Die Anzahl der erforderlichen Gelenke ist gleich dem Grade der statischen Unbestimmtheit des entsprechenden Durchlaufträgers ohne Gelenke. Sind in einem Feld zwei Gelenke angeordnet, bezeichnet man das Mittelstück als **Koppelträger**; ein durch ein Gelenk im Endfeld des T.s eingehängtes Trägerstück wird **Schleppträger** genannt.

Trägerfrequenztechnik, die Ausnutzung eines elektrischen Übertragungsweges für die gleichzeitige Übertragung mehrerer Informationen (**Mehrfachausnutzung**). Dazu werden die zu übertragenden Sprachfrequenzbänder durch Modulation in andere Frequenzbereiche umgesetzt.

1) Trägerfrequente Übertragung auf Leitungen. Die einzelnen Kanäle werden so aneinandergereiht, daß ein geschlossenes Frequenzband entsteht. Die von den Fernsprechapparaten kommenden niederfrequenten Frequenzbänder (300 bis 3400 Hz) werden mit den Trägerfrequenzen 12, 16, 20 kHz (Kilohertz) moduliert. Hierbei entstehen mehrere Seitenbänder, von denen für die Übertragung aber nur eines benötigt wird (**Einseitenbandübertragung**). Geeignete Modulatorschaltungen lassen den Träger am Ausgang nicht erscheinen (Ringmodulator). Alle übrigen Modulationsprodukte werden durch Bandpässe unterdrückt. Auf diese Weise erhält man durch die **Vorgruppenmodulation** ein Bündel von 3 Kanälen im Frequenzband von 12 bis 24 kHz. Durch weitere Umsetzungen von 4 Vorgruppen mit den Trägern 84, 96, 108 und 120 kHz und Ausbiegen des jeweiligen ersten unteren Seitenbandes erhält man die Grundgruppe im Frequenzband 60 bis 180 kHz, die bereits 12 Einzelkanäle enthält. Will man in einem System 60 Kanäle unterbringen, so muß man 5 Grundgruppen mit weiteren 5 Trägern modulieren. Beim Empfänger wird das ankommende Trägerfrequenzband durch elektrische Filter in Teilgruppen, analog denen des Senders, unterteilt und in einer oder mehreren Stufen mit den entsprechenden Trägerfrequenzen in die niederfrequente Lage rückumgesetzt (Demodulation). Die Bildung der 12-Kanal-Gruppe ist auch nach anderen Prinzipien durchführbar. Durch die Vorgruppenbildung werden die Typen-

zahl und die Anforderungen an die Eigenschaften der Filter verringert. Die Trägerfrequenzen sind so gewählt, daß sie durch Vervielfachung oder Teilung von einer stabilisierten Festfrequenz abgeleitet werden können. Für den Betrieb auf Freileitungen werden 12-Kanal-Gruppen im Frequenzbereich von 12 bis 60 und 72 bis 120 kHz übertragen. Die beiden Bänder sind den jeweiligen Sprechrichtungen zugeordnet (**Zweidrahtgetrennlage**).

Auf modernen symmetrischen Trägerfrequenzkabeln mit Styroflexisolation können je Adernpaar bis zu 120 Kanäle im Frequenzbereich 12 bis 552 kHz übertragen werden. Zur Herabsetzung von Störeinflüssen wird für jede Gesprächsrichtung ein getrenntes Kabel benutzt (**Vierdrahtgleichlageverfahren**). Koaxialkabel gestatten die Ausnutzung wesentlich breiterer Frequenzbänder.

Im Nachrichtenverkehr zwischen den Energieversorgungsbetrieben wird das Trägerfrequenzsignal über das vorliegende Starkstromnetz übertragen. Hierbei ist ein besonderer Schutz der Endgeräte vor der Hochspannung notwendig.

Über trägerfrequente Telegrafübertragung → Wechselstromtelegrafie.

2) Trägerfrequente Übertragung auf Richtfunkstrecken. Die hier eingesetzten Geräte, z. B. Typ RVG 960, haben eine große Bandbreite, um viele Fernsprechkkanäle (z. B. 960) gleichzeitig zu übertragen. Die einzelnen Kanäle werden frequenzmäßig aneinandergesetzt, diese Frequenzumsetzung geschieht mit Trägerfrequenzen. Auf der Empfangsseite geschieht die Rückumsetzung für jeden Kanal.

Trägerrakete, → Rakete.

Tragfähigkeit, ein Maß für die Zuladung eines Schiffes (Treibstoff, Proviant, Besatzung, Ladung, Fahrgäste u. a.), die es im Höchstfall bei Berücksichtigung der Sicherheit zu tragen fähig ist. Die T. ist abhängig vom höchstzulässigen → Tiefgang des Schiffes. Sie wird in Tonnen zu 1000 kg (im Ausland mitunter in englischen tons zu 1016 kg) angegeben. Häufig versieht man die Maßeinheit t noch mit dem – an sich ungesetzlichem – Zusatz dw (Abk. für englisch deadweight, Totlast!). Die **Ladefähigkeit** ist nur ein Teil der T. und gibt an, wieviel Nutzladung das Schiff aufnehmen kann.

Tragfläche, → Flugzeug.

Tragflächenboot, ein → Motorboot.

Tragflügel, → Flugzeug.

Tragflügelboot, ein → Motorboot.

Trägheit, **Beharrungsvermögen**, in der Physik die Eigenschaft aller Körper, einer Änderung ihres Bewegungszustandes einen → Widerstand entgegenzusetzen. Das zuerst von Galilei (1609) erkannte **Trägheits-** oder **Beharrungsgesetz** wurde 1687 von Newton formuliert (→ Newtonsche Axiome). Das physikalische Maß der T. heißt **träge Masse**. Das Trägheitsgesetz ist die Grundlage der gesamten neuzeitlichen Physik (→ Masse). Weitere Trägheitskräfte → Corioliskraft, → Zentralkraftbewegung.

Trägheitshalbmesser, Zeichen i , der Abstand des Punktes von der Drehachse, in dem man sich die Masse eines Körpers oder den Inhalt einer Fläche vereinigt zu denken hat, damit sich ein dem gegebenen gleiches Masse- oder Flächenträgheitsmoment ergibt. Maßeinheit m oder cm. Für die Kinetik ist $i = \sqrt{\theta/m}$ (θ = Massenträgheitsmoment, m = Masse), für die Festigkeitslehre $i = \sqrt{I/A}$ (I = Flächenträgheitsmoment, A = Fläche).

Trägheitskreis, eine von Mohr-Land entwickelte graphische Konstruktion, die es bei Kenntnis der Trägheitsmomente und des Deviationsmomentes um zwei beliebige aufeinander senkrecht stehende Achsen gestattet, die gleichen

Größen für ein Achsenkreuz zu ermitteln, das gegenüber dem ursprünglichen um einen beliebigen Winkel verdreht ist. Der T. ist wichtig zur Bestimmung der Richtung der Hauptachsen und der Hauptträgheitsmomente.

Trägheitsmoment, Masseträgheitsmoment, eine Größe, die bei der Drehbewegung eines Körpers dieselbe Bedeutung hat wie die träge Masse bei einer fortschreitenden Bewegung. Bei dieser

ist die Bewegungsenergie gleich $\frac{1}{2} m v^2$. Dreht sich eine punktförmig gedachte Masse m , die sich im Abstand r einer Drehachse befindet, mit der Winkelgeschwindigkeit ω , so ergibt sich, da dann die Geschwindigkeit $v = r \cdot \omega$ ist, für die Bewegungsenergie $E = \frac{1}{2} m \cdot (r\omega)^2 = \frac{1}{2} (m \cdot r^2) \omega^2 = \frac{1}{2} O \cdot \omega^2$. An Stelle der Masse m bei der fort-

schreitenden Bewegung tritt also eine Größe Θ , die man als T. bezeichnet, an Stelle von v die Winkelgeschwindigkeit ω . Analog der Beziehung Kraft = Masse \cdot Beschleunigung gilt hier auch: Drehmoment = T. \cdot Winkelbeschleunigung. Will man das T. für einen Körper berechnen, so denkt man sich diesen aus sehr vielen sehr kleinen Masselementen aufgebaut, deren T.e addiert werden. Diese Addition ist eine Aufgabe der Integralrechnung. Ist Θ das T. um eine durch den Schwerpunkt gehende Achse, so ist das T. um eine im Abstand a parallel dazu verlaufende Achse: $O' = \Theta + ma^2$ (Steinerscher Satz).

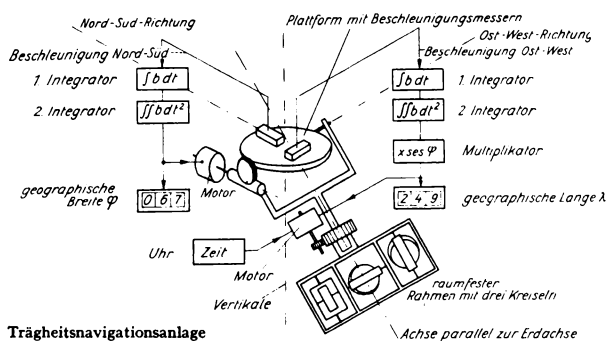
In der Festigkeitslehre ist das **Flächenträgheitsmoment** I für alle Biegeungen und für die Hauptformeln der Knickfestigkeit wichtig. Man bildet es in der gleichen Weise wie das gewöhnliche T., summiert (integriert) dabei jedoch nicht über kleinste Masseiteilen eines Körpers, sondern über kleinste Teilchen einer Querschnittfläche, so daß das Flächenträgheitsmoment die Dimension l^4 (Maßeinheit cm^4) erhält. Nach der Lage der Bezugsachse unterscheidet man äquatoriale T.e (Bezugsachse in der Ebene des Querschnitts durch den Schwerpunkt) und polare T.e (Bezugsachse senkrecht zur Ebene des Querschnitts durch den Schwerpunkt).

Das **Zentrifugalmoment** ist eine Rechengröße, die analog dem T. definiert ist. Man erhält das Zentrifugalmoment bezüglich zweier aufeinander senkrecht stehender Koordinatenachsen durch Summation über $(m \cdot r_1 \cdot r_2)$ an Stelle von $(m \cdot r^2)$ beim T., wobei r_1 und r_2 die Abstände des Masselementes m von den gewählten Koordinatenachsen bedeuten. Analog den Flächenträgheitsmomenten ist das **Flächenzentrifugalmoment** oder **Deviationsmoment** definiert. Man summiert (integriert) über die mit den Abständen von den Koordinatenachsen multiplizierten Flächen-teilchen.

Trägheitsnavigation, Inertialnavigation, ein autonomes, d. h. selbständiges und von äußeren Einrichtungen unabhängiges Navigationsverfahren, das außer den Koordinaten des momentanen Standortes noch weitere für die Navigation in der Luft-, Raum- und Seefahrt erforderliche Daten liefern kann. Die T. nutzt die Eigenschaft aller Körper aus, ihren Bewegungszustand (in Inertialsystemen) nur unter dem Einfluß einer äußeren Kraft zu ändern (Newtonsche Axiome). Der quantitative Zusammenhang zwischen der Kraft und der durch sie in einem Inertialsystem hervorgerufenen Beschleunigung ist gegeben durch die Gleichung Kraft gleich Masse mal Beschleunigung.

Zur T. werden an Bord des Fahrzeuges oder Flugkörpers die in Richtung der aufeinander senkrechten Raumachsen auftretenden Beschleunigungen gemessen. Die zweifache Integration der Beschleunigungen über die Zeit ergibt für jede

Richtung eine Weglänge. Die Resultierende dieser drei Weglängen bezogen auf den Startort führt zu dem momentanen Standort des Fahrzeuges oder Flugkörpers. Voraussetzung dabei ist, daß die drei Beschleunigungsmesser eine von der Lage des Fahrzeuges oder Flugkörpers unabhängige, definierte und konstant bleibende Lage besitzen. Dazu werden die Beschleunigungsmesser auf einer kreiselstabilisierten Plattform befestigt. Die Plattform ist um die drei Raumachsen beweglich. Jeder Achse ist ein stabilisierender Kreisel zugeordnet, so daß die Plattform raumfest gemacht werden kann. Für die Luftfahrt, die sich im Rahmen des erdbezogenen Koordinatensystems vollzieht, reicht die raumfeste Stabilisierung nicht aus. Die Beschleunigungen müssen in N-S- und O-W-Richtung gemessen werden, wobei die Schwerkraft die Messungen nicht beeinflussen darf. Es ist daher als erstes erforderlich, die Plattform mit den zwei senkrecht aufeinander angeordneten Beschleunigungsmessern unabhängig von der Lage des Luftfahrzeuges stets in N-S- bzw. O-W-Richtung zu halten. Die Horizontierung muß laufend nachgeregelt werden, da einmal die Erde eine Kugel ist, dementsprechend in Abhängigkeit der geflogenen Strecke parallel zur Erde eine raumfeste Plattform sich neigen würde, und zum anderen sich die Erde dreht, so daß sich auch bei stehendem Fahrzeug die Plattform in Abhängigkeit von der Zeit neigen würde. Die technisch einfachste Lösung zur Stabilisierung der Plattform beruht auf der Verwendung der Ausgangswerte der Integrationsstufen (Abb.) Meist wird jedoch die von Schuler



Trägheitsnavigationsanlage

vorgeschlagene Lösung gewählt (Schuler-Pendelsystem). Dabei erfolgt die Abstimmung der Nachführungseinrichtungen für die Horizontierung so, daß eine Eigenschwingungsdauer von 84 Minuten auftritt, die einem Fadenpendel mit einer Länge gleich dem Erdradius entspricht. Bei einem solchen Pendel kann der Aufhängepunkt beliebig auf der Erdoberfläche bewegt werden, ohne daß die Pendelbewegung gestört wird. Der auf Grund des Integrationsprozesses mit der Zeit zunehmende Positionsfehler macht es erforderlich, in gewissen Zeitabständen eine Vergleichsmessung z. B. mit einem Funkortungssystem durchzuführen und dann die Positionswerte auf einen neuen Bezugswert zurückzuführen (→ Funkortung).

Die T. wird in der Raumfahrt angewandt, in der Luft- und Seefahrt wurde sie bisher wegen der hohen Kosten einer Anlage nur für Sonderaufgaben eingesetzt.

Tragfluthallen, Konstruktionen aus Kunststoffhäuten oder imprägnierten oder mit Kunststoff beschichteten synthetischen Geweben, die frei von tragenden Konstruktionen im Innern sind und nur durch den von Kompressoren erzeugten Überdruck gehalten werden. Die T. haben die Form von Halbzylindern, Halbkugeln, Ballons

o. ä. Sie sind auf einem Betonfundament befestigt, können eine Länge bis zu mehreren hundert Metern aufweisen und sind mit Luftschleusen für LKW- oder Personenverkehr versehen. Die T. können Lüftungsklappen und Fenster aufweisen, oder sie sind teilweise oder ganz aus lichtdurchlässigem Material hergestellt. Die Gebrauchsdauer beträgt mehrere Jahre. Der Vorzug der T. liegt in der geringen Masse und in der Möglichkeit, das Bauwerk schnell zu errichten und die Haut leicht zu transportieren. T. finden Verwendung im Bauwesen zum witterungsunabhängigen Bauen, als Montage-, Reparatur-, Lager-, Ausstellungs- und Messehallen u. dgl.

Im Gegensatz zu den T. besitzen **Schlauchstützkonstruktionen** eine Kunststoffhaut, die von bügelförmigen Stützrippen getragen wird; der Innenraum ist frei von Überdruck und erfordert keine Luftschleusen.

Tragschrauber, ein → Rotorflugzeug.

Tragwerk, 1) Bauwesen: eine ebene oder räumliche Konstruktion, die der Aufnahme und Weiterleitung von Kräften (Lasten, → Belastung) dient. Die verschiedenen Kräfte wirken meist räumlich auf ein T. ein; zur Vereinfachung der statischen Berechnung räumlicher T.e gliedert man diese in drei ebene T.e auf, die zueinander senkrecht stehen. Nach ihrem Aufbau, der Art der Lasteintragung und der Weiterleitung der Kräfte unterscheidet man: ebene und räumliche Fachwerke, Stabwerke (z. B. Bogen und Rahmen) und Flächentragwerke (z. B. Platte, Schale, Schéibe).

Lit. → Statik.

2) Flugzeugtechnik: → Flugzeug.

Trajekt *n* oder *m*, eine → Fährte für Eisenbahnzüge und Kraftwagen.

Trajektorie, die Schnittkurve einer Kurvenschar, d. h. eine Kurve, die alle Kurven einer gegebenen Kurvenschar schneidet. Schneidet die T. sämtliche Kurven unter demselben Winkel, so nennt man sie **isogonale** (**winkelgleiche**) T. Ist der Winkel ein Rechter, so spricht man von einer **orthogonalen** T. Die orthogonalen T.n der Parabelschar $F(x, y, p) = y^2 + 2(x + p) = 0$ (p ist der → Parameter der Schar) sind die Kurven der Schar $y = px^2$.

Traktionswandel, Traktionswechsel, Teil des allgemeinen Strukturwandels im Eisenbahnwesen, der Übergang von der herkömmlichen, unwirtschaftlich gewordenen Dampfzugförderung auf elektrische und Dieselzugförderung. Die Dieselzugförderung übernimmt dabei den gesamten Rangierdienst und den Zugförderungsdienst auf Nebenstrecken; die elektrische Zugförderung bedient den schweren und schnellen Zugdienst auf den Hauptstrecken und den Eisenbahn-Nahverkehr in den Ballungsgebieten (Großstädte und Industriegebiete zusammen mit ihrem wirtschaftlich, kulturell und verkehrlich dazugehörenden Umland). Unter europäischen Verhältnissen können heute bei Elektrifizierung bei 25 bis 40 % eines Streckennetzes 60 bis 75 % des gesamten Beförderungsvolumens im Reise- und Güterverkehr elektrisch gefördert werden.

Traktor, Schlepper, durch einen Verbrennungsmotor, seltener durch einen Elektromotor angetriebenes Fahrzeug, vorwiegend ohne eigenen Nutzraum. T.en wurden ursprünglich nur zum Ziehen (**Zugmaschinen**) von Anhängern verwendet. Moderne T.en sind meist für landwirtschaftliche Zwecke bestimmt (**Ackertraktoren, Acker-schlepper**) und mit Sonderausrüstung versehen; sie dienen außer zum Ziehen von Anhängern, landwirtschaftlichen Geräten und Maschinen auch zum Tragen von Anbaugeräten (z. B. Anbaupflug), ferner zum Antrieb von Maschinen und Geräten mittels Zapfwelle, und zwar sowohl von Anhängegeräten (z. B. Rübenvollertemaschinen) als auch von Anbaugeräten (z. B. Anbau-

mähwerk), ferner zum Antrieb von stationären Maschinen mittels Riemenscheibe und zum Bedienen von Krafthebern.

T.en wurden bisher nach ihrer Motorleistung in verschiedene **Leistungsklassen** eingeteilt, und zwar in 1) **leichte T.en** mit etwa 10 bis 20 PS Leistung, vorwiegend für Pflegearbeiten, für Transportarbeit nur bedingt geeignet; 2) **mittelschwere T.en** mit 20 bis 30 PS Leistung, für Pflege- sowie leichtere Pflug- und Transportarbeiten; 3) **schwere T.en** mit 40 bis 60 PS Leistung, vorwiegend für schwere Pflug- und Transportarbeiten; 4) **überschwere T.en** mit 60 PS und mehr Leistung, wegen ihrer hohen Masse und des gering zu haltenden Bodendruckes oft als Kettenschlepper ausgeführt. In den Staaten, die dem Rat für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) angehören, erfolgt eine Einteilung der T.en in verschiedene Zugkraftklassen nach Megapond (Mp), z. B. 0,6 Mp, 0,9 Mp, 1,4 Mp, 2,0 Mp. T.en der Klassen 0,6 Mp und 0,9 Mp werden vorwiegend für Pflegearbeiten, T.en der Klassen 1,4 und 2,0 Mp für schwere Pflugarbeiten eingesetzt. Für Transporte verwendet man vorwiegend T.en der 0,9 Mp-Klasse.

Nach ihrem Fahrwerk unterscheidet man Rad- und Kettentraktoren. Moderne **Radtraktoren** werden sowohl in Block- als auch in Halbrahmenbauweise ausgeführt. Bei der **Blockbauweise** bilden Motor, Kupplung, Getriebe und Ausgleichgetriebe den tragenden Teil. Bei der **Halbrahmenbauweise** ist ein Halbrahmen an der Hinterachsbrücke oder dem Kupplungsgehäuse angebracht und trägt den Motor und unter Umständen das Getriebe. Bei den meisten Radtraktoren erfolgt der Antrieb über Kupplung, Wechselgetriebe und Ausgleichgetriebe auf die Hinterräder (Hinteradantrieb). Bei Vierradantrieb (Allradantrieb) werden Vorder und Hinterräder angetrieben. T.en mit Vorderradantrieb sind selten. Radtraktoren werden heute fast ausschließlich durch Dieselmotoren angetrieben. Kupplung und Getriebe sind denen eines Kraftwagens ähnlich. T.en besitzen Wechselgetriebe mit 10 und mehr Gängen sowie → Kriechgang und → Ausgleichsperre. Die Zugkraftübertragung des Radtraktors auf den angehängten Wagen oder das Gerät erfolgt durch Zugmaul bzw. Ackerschiene (Zugschiene), gelegentlich durch Zugpendel.

Die heutigen Radtraktoren sind meist luftbereit; für die Triebbräder werden besonders griffige, hochstollige und großvolumige Ackerschlupfreifen von großem Durchmesser verwendet, die auf dem Acker mit niedrigem Luftdruck (0,8 bis 1 kp cm⁻²) gefahren werden. Die Spurweite der T.en ist in der DDR durch einen Standard auf 1250 bis 1500 mm bzw. 1500 bis 1750 mm festgelegt. Innerhalb dieser Bereiche kann die Spur verstellt werden, um den Einsatz auf Feldern mit unterschiedlichen Reihenentfernungen zu ermöglichen.

Sonderformen des Radtraktors sind → **Geräteträger**, → **Zweiwegtraktor** und → **Einachs-traktor**. Als **Pflegetraktoren** werden meist leichte Ackertraktoren bezeichnet, die vorwiegend bei Pflegearbeiten eingesetzt werden. Sie haben große Bodenfreiheit (Portalachse) sowie veränderliche Spurweite und schmale Bereifung. **Hacktraktoren** sind besonders für Hackarbeiten vorgesehene, mit entsprechend hoher Bodenfreiheit gebaute Radtraktoren. **Maistraktoren** sind besonders zur Aussaat und Pflege von Mais bestimmte T.en. **Hoftraktoren** sind leichte T.en (auch Geräteträger) mit Spezialvorrichtungen für Hof- und Stallarbeiten. **Mehrzwecktraktoren** sind vielseitig verwendbare T.en der mittleren Leistungsklasse.

Außer Zapfwelle, Riemenscheibe und Kraftheber gibt es für Radtraktoren als Zusatzeinrichtungen Gitterräder, Zwillingräder und Moor-

räder, die zur Verringerung des Bodendruckes bei Bearbeitung von Moorländereien und leichten Böden dienen. Ferner können T.en mit Gleitschutzrichtungen, Spurlockerern zum Auflockern der durch den Raddruck verursachten Bodenverdichtungen und Seilwinden versehen sein. Radtraktoren mit \rightarrow Ansteckraupen werden auch als **Halbraupen** bezeichnet (im Gegensatz zu den Vollraupen oder Kettentraktoren). Zum Heben und Transportieren von Lasten können T.en zur Aufnahme einer Ladeschwinge oder eines kleinen Drehkranes eingerichtet sein (\rightarrow Lademaschinen).

Kettentraktoren (Raupentraktoren, Vollraupen, Gleisbandtraktoren) sind gewöhnlich in rahmenloser Bauweise ausgeführt; die Fortbewegung erfolgt auf zwei Gleisketten (\rightarrow Gleiskettenfahrzeug). Jede Kette bildet ein endloses Band um das verzahnte Kettentriebrad, die Laufrollen, das Leitrad (Führungs-, Lauftrad) und die Stützrolle. Die **Triebräder** sind vorn, häufiger aber hinten am T. angeordnet und werden vom Motor (meist Dieselmotor) über Kupplung und Wechselgetriebe sowie Differential und Vorgelege angetrieben; sie greifen mit ihrem Zahnkranz in die Ketten ein und bewegen so den T. vorwärts. Die **Laufrollen** übertragen die Masse des T.s auf die Ketten. Die **Stützrolle** trägt das obere Kettenrum. Die Lenkung des Kettentraktors erfolgt durch Abbremsen der kurveninneren Kette mittels Lenkkupplung und Lenkbremsen oder durch Lenkdifferential.

Die Anhängung von Geräten an den Kettentraktor erfolgt mittels Zugpendels.

Die Leistung von landwirtschaftlichen Kettentraktoren beträgt bis zu 100 PS; daneben gibt es für den Einsatz in Obst- und Weinkulturen kleine Kettentraktoren (**Kleinraupen**) mit einer Leistung bis herab zu 10 PS.

Kettentraktoren werden wegen ihrer hohen Zugleistung und des geringen Bodendruckes (0,36 bis 0,50 kp cm⁻²) bei der Gerätekopplung eingesetzt, ferner bei Ackerarbeiten auf druckempfindlichen Böden, zur Moorbearbeitung, zur Rübenerte und zur Bodenbearbeitung an Steilhängen. Mit Seilwinden ausgerüstete Kettentraktoren verwendet man für Forstarbeiten, mit frontal angebrachten Stahlschilden versehene Kettentraktoren zum Planieren (\rightarrow Planiermaschinen). Speziell für Meliorationsarbeiten ausgestattete Kettentraktoren (unter Umständen auch Halbraupen) werden als **Meliorations-traktoren** bezeichnet.

Ferngelenkte T.en werden bei landwirtschaftlichen Arbeiten, besonders beim Pflügen, über elektrische Impulse (drahtlosen Funk) von einer Befehlzentrale vom Feldrand aus gelenkt.

Der **Elektrotraktor** ist ein von einem Elektromotor angetriebener T. für landwirtschaftliche Zwecke. Die Stromzufuhr erfolgt über Kabel vom örtlichen Stromnetz.

Lit. Blumenthal: Technisches Handb. T.en (3. Aufl. Berlin 1966); Jenisch: Kleines traktortechnisches ABC (2. Aufl. Berlin 1964); Lwow: Theorie des Schleppers (dtisch 2. Aufl. Berlin 1955); Semjonow: T.en und Kraftwagen (dtisch Leipzig 1954); T.en, Abbau- und Anhänggeräte, ZVL-Dokumentationsdienst (Berlin 1955); Handb. des Traktoristen (2. Aufl. Berlin 1956); \rightarrow landwirtschaftliche Maschinen und Geräte.

Traktrix *f*, **Schleppkurve**, **Hundekurve**, eine ebene Kurve, die von einem am Ende eines nicht dehnbaren Fadens mit der Länge a befestigten materiellen Punkt P beschrieben wird, wenn sich der Fadenanfang A längs einer Geraden bewegt. Die Tangentenlängen der T. (vom Berührungspunkt P bis zum Schnittpunkt A mit der gegebenen Geraden) sind also konstant. (Abb.)

Trame *f*, ein Zwirn aus \rightarrow Naturseide.

Tran, ein fettes Öl im Körper von Meeressäugern und Fischen. Die T.e bestehen vor allem aus Glyceriden der Olein- und Stearinsäure. Man

erhält sie durch Ausschmelzen oder Auskochen der tranhaltigen Körperteile vor allem der Wale, Robben und Dorsche. Die wichtigste Art ist der **Waltran (Walöl)**. Unaufbereitet riecht er unangenehm und ist ungenießbar, durch Fetthärtung (\rightarrow Fette und fette Öle) wird er fest, hell und geruchlos. Er wird hauptsächlich zur Margarineherstellung eingesetzt. Der aus den Lebern des Heilbutts, Dorsch und Schellfisches gewonnene **Lebertran** enthält sehr viel Vitamin A und D und ist deshalb ein gutes Heilmittel gegen Rachitis und ein allgemeines Aufbaumittel. Die anderen T.e verwendet man in der Gerberei, zum Einfetten von Schuhen und Geschirrtellen, um sie wasserdicht bzw. -abstoßend zu machen, und zur Herstellung von Seife.

Tränengase, \rightarrow Kampfstoffe.

Tränkliegierungen, Verbundwerkstoffe in Form von Sintermetallen. Aus hoch schmelzendem Metallpulver wird durch Pressen und Sintern ein poriger Körper hergestellt und zur Porenfüllung mit einem niedriger schmelzenden Metall getränkt. Voraussetzung ist, daß beide Metalle nicht oder nur wenig miteinander mischbar sind und daß ihre Schmelzpunkte nicht zu nahe beieinanderliegen. Auf diese Weise stellt man Kontaktwerkstoffe her, z. B. aus Wolfram und Kupfer, ferner Maschinenteile aus Sinterstahl und Kupfer. Oft trinkt man auch die Sinterkörper mit Öl und erhält Sinterlager (\rightarrow Lagermetalle).

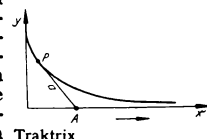
Transaminierung, die Übertragung der Amino-Gruppe $-\text{NH}_2$ von Aminosäuren auf Ketosäuren: $\text{R}_1-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH} + \text{R}_2-\text{CO}-\text{COOH} \rightleftharpoons \text{R}_1-\text{CO}-\text{COOH} + \text{R}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$. Besonders wichtig ist die T. für den Kohlenhydrat-, Fett- und Eiweißstoffwechsel im lebenden Organismus.

Transceiver [zusammengesetzt aus englisch transmitter 'Sender' und receiver 'Empfänger'], ein kombiniertes Funksende- und Empfangsgerät.

Transduktor, Kurzbezeichnung für „gleichstromvormagnetisierbare Drosselspule“, der Grundbestandteil des Magnetverstärkers (\rightarrow Verstärker). Der T. wird auch in Gleichstrom-Meßwandlern, in Strombegrenzer- und Frequenzverdopplerschaltungen, in magnetischen Stabilisatoren verwendet.

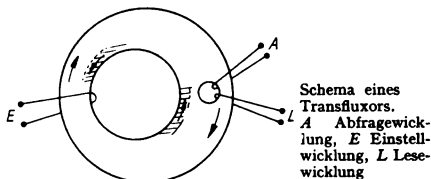
Transferstraße [aus dem Amerikanischen], Bezeichnung für automatische Fließstraße, die höchste Form der Fließfertigung und Vorstufe zur automatischen Fabrik. Fertigungsablauf, Transport und meist auch Kontrolle erfolgen automatisch; Arbeitskräfte üben nur Kontrollfunktionen aus. Voraussetzungen einer automatischen Fließstraße sind sehr hohe Stückzahlen und ein langer Fertigungszeitraum, da eine Umstellung auf neue Erzeugnisse schwierig und sehr kostenintensiv ist.

Transfluxor, ein in informationsverarbeitenden Maschinen verwendetes magnetisches Bauelement mit Flußverzweigung. Die einfachste Form des T.s ist eine kreisförmige Scheibe aus ferromagnetischem Material (Ferritscheibe), die eine rechteckige Hystereseschleife aufweisen muß. Diese Scheibe ist mit einer etwa in der Mitte liegenden größeren und einer mehr zum Rand hin liegenden kleineren Bohrung versehen. Infolge der geometrischen Anordnung der Bohrungen entstehen eine äußere und eine innere magnetische **Flußröhre**, deren Orientierung durch elektrische Ströme in den Wicklungen um die durch die Bohrungen entstandenen Stege zwischen den Bohrungen geändert werden kann. Man unterscheidet drei Wicklungen, die **Steuer-** oder **Einstellwicklung**, die **Eingangs-** oder **Abfragewicklung** und die **Ausgangs-** oder **Lesewicklung**. Mit Hilfe des T.s lassen sich vier verschiedene



Traktrix

Zustände oder Operationen realisieren: *Blockieren* (zwischen Eingangs- und Ausgangswicklung kann nicht übertragen werden; der Blockierimpuls erfolgt über die Steuerrichtung), *Einstellen* (der Einstellimpuls erfolgt in umgekehrter Richtung wie der Blockierimpuls, die innere Flußbröhre ist



zur äußeren gegenläufig magnetisiert; dieser Zustand entspricht der Betriebsweise für zweiwertige Logik), *Übertragen* (die Steuerwicklung ist von der Eingangs- und Ausgangswicklung gelöst; es wird ein Ausgangssignal induziert) und *Treiben* (ein Treiberimpuls wird auf die Eingangswicklung gegeben, so entsteht gleichzeitig ein Ausgangssignal). Durch diese Möglichkeiten haben T.en heute breite Anwendung als Speicher- und Logikelemente in informationsverarbeitenden Maschinen gefunden.

Transformation, 1) Mathematik: a) die Umformung eines algebraischen Ausdrucks in einen anderen, z. B. die Umformung einer Gleichung mit Hilfe einer Substitution: Die Gleichung $x^4 + 5x^2 + 4 = 0$ geht durch die Substitution $z = x^2$ über in die quadratische Gleichung $z^2 + 5z + 4 = 0$. b) die durch eine gewisse Zuordnung definierte Umwandlung eines geometrischen Gebildes in ein anderes. In diesem Sinne ist der Begriff T. gleichzusetzen mit dem Begriff \rightarrow Abbildung. Die T.en spielen eine wichtige Rolle in der Geometrie. So wird z. B. durch die T. $x = x' + a$, $y = y' + b$ bzw. $x' = x - a$, $y' = y - b$ jedem Punkt P der Ebene eindeutig ein Punkt P' zugeordnet: Dem Punkt P₁ mit den Koordinaten x_1 und y_1 entspricht der Punkt P'₁ mit den Koordinaten $x'_1 = x_1 - a$ und $y'_1 = y_1 - b$. Geometrisch bedeutet dies eine Parallelverschiebung (*Translation*) der Ebene in sich. Dagegen wird durch die T. $x = x' \cos \alpha - y' \sin \alpha$, $y = x' \sin \alpha + y' \cos \alpha$ bzw. $x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha$, $y' = -x \sin \alpha + y \cos \alpha$ eine *Drehung* der Ebene um den Winkel α gegeben. Beide Male wird die Ebene auf sich selbst abgebildet, wobei jeweils unter anderem die Entfernung zwischen zwei beliebigen Punkten der Ebene unverändert bleibt. Scharen von Transformationen, die Gruppencharakter (\rightarrow Gruppe) haben, bilden eine Transformationsgruppe; z. B. bilden die Parallelverschiebungen die *Verschiebungsgruppe*, die Drehungen die *Drehgruppe*, beide kann man zusammenfassen zur *Bewegungsgruppe* usw. In seinem Erlanger Programm entwickelte F. Klein den Gedanken, für jede gegebene Transformationsgruppe die geometrischen Gebilde dahingehend zu untersuchen, welche ihrer Eigenschaften bei Anwendung der T.en der Gruppe ungeändert (invariant) bleiben. Die Gesamtheit der Aussagen

über die Invarianten einer Gruppe macht die der Gruppe zugehörige Geometrie aus (z. B. projektive Transformationsgruppe — projektive Geometrie, affine Gruppe — affine Geometrie, äquiforme Gruppe — äquiforme Geometrie). Das ermöglicht eine Systematisierung der Geometrie mittels Transformationsgruppen.

2) Physik: die Umwandlung einer Form der Energie in eine andere, z. B. der Bewegungsenergie in Wärme, in elektrische Energie u. a. In der Elektrotechnik versteht man unter T. die Umwandlung von Wechselspannung in Wechselspannung anderer Höhe bei gleicher Frequenz (Transformator, Wandler, Übertrager).

Transformationstheorie, quantenmechanische Darstellungstheorie, die Theorie der mathematischen Transformationen, durch die man in der Quantenmechanik und Quantentheorie der Felder von einer Darstellungsweise zur anderen übergehen kann. Die einzelnen Darstellungsarten entstehen dadurch, daß man den physikalischen Größen auf verschiedene Weise mathematische Matrizen zuordnet, \rightarrow Matrizenmechanik. Auch die Wellenmechanik ist als eine dieser Darstellungsweisen aufzufassen.

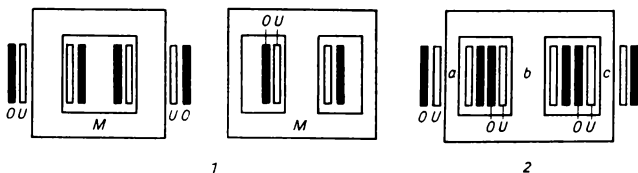
Transformator (Tafel 39, 1) Elektrotechnik: eine elektromagnetische Anordnung zur Umformung elektrischer Energie in elektrische Energie mit anderen Parametern der sinusförmigen Ströme und Spannungen.

Aufbau und Arten. Der T. besteht in seiner einfachsten Ausführungsform als **Einphasentransformator** (Abb. 1) aus zwei Wicklungen, die auf einem gemeinsamen magnetischen Kreis (Kern) untergebracht sind. Beide Wicklungen werden nach der Höhe ihrer Spannung als Oberspannungs- und Unterspannungswicklung bezeichnet bzw. nach der Richtung des Energieflusses als Primär- und Sekundärwicklung, wobei die Energie von der Primär- zur Sekundärseite fließt. Der magnetische Kreis ist zur Vermeidung von Wirbelströmen als Blechpaket aufgebaut, das aus gegeneinander durch eine Lackschicht isolierten Blechen besteht. Nach der Ausführung des magnetischen Kreises unterscheidet man **Kerntransformatoren** und **Manteltransformatoren**. (Abb.)

In der Starkstromtechnik wird meist der **Dreiphasen- oder Drehstromtransformator** verwendet (Abb. 2). Bei diesem bestehen die beiden Wicklungen aus je drei Wicklungssträngen, die in Stern oder Dreieck geschaltet sind und paarweise auf den Schenkeln eines entsprechend gestalteten, gemeinsamen magnetischen Kreises untergebracht sind (Sonderform der Schaltung: Zickzackschaltung). An die Stelle eines Dreiphasentransformators kann auch die Zusammenschaltung von drei Einphasentransformatoren treten (Transformatorbank).

Der **Schubtransformator** ist ein T. mit gegeneinander verschiebbaren Wicklungen zur stufenlosen Spannungsstellung.

Die T.en der Schwachstromtechnik und T.en kleiner Leistungen der Starkstromtechnik sind als **Trockentransformatoren** ausgeführt. Dabei werden die beim Umformungsprozeß entstehenden Verluste (Wicklungs- und Eisenverluste) unmittelbar an die umgebende Luft abgegeben. T.en der Starkstromtechnik für größere Leistungen führt man als **Öltransformatoren** aus. Dabei wird der eigentliche T. in einem ölfüllten Kessel untergebracht. Die Verlustwärme wird zunächst an das Öl und von dort entweder über eine durch Rippen oder Rohre künstlich vergrößerte Oberfläche des Kessels an die Luft abgegeben oder durch einen künstlichen Ömlauf über besondere Kühler an die Luft oder an Wasser. Das Öl übernimmt außerdem die Aufgabe der Isolation der Wicklungen gegeneinander und gegen das Eisen.



Transformator. 1 Einphasentransformator als Kerntransformator (links) und als Manteltransformator (rechts). 2 Drehstromtransformator als Kerntransformator. a, b, c Wicklungsstränge, O Oberspannungswicklung, U Unterspannungswicklung, M Magnetkreis (Kern)

In der Schwachstromtechnik werden T.en für hohe Frequenzen benötigt. Die Verminderung der Wirbelströme zwingt dann dazu, den magnetischen Kreis für das Tonfrequenzgebiet aus sehr dünnen Blechen aufzubauen und für das Gebiet der Hochfrequenz aus fein verteilten Eisenpartikeln in Form von Massekernen herzustellen. Dabei sind z. T. andere Kernformen als bei sonstigen T.en üblich. Für höchste Frequenzen muß auf den Kern ganz verzichtet werden.

Wirkungsweise. Der magnetische Kreis (Kern) dient als Leiter für den magnetischen Fluß durch die beiden Wicklungen. Da beide Wicklungen dadurch praktisch vom gleichen Fluß durchsetzt werden, folgt aus dem Induktionsgesetz, daß sich die Spannungen der beiden Wicklungen etwa wie ihre Windungszahlen verhalten (Transformation der Spannungen). Da der magnetische Widerstand des Kernes sehr klein ist, folgt aus dem Durchflutungsgesetz, daß sich die Ströme der beiden Wicklungen etwa umgekehrt wie ihre Windungszahlen verhalten (Transformation der Ströme). Die Produkte aus Strom und Spannung der beiden Wicklungen liefern demnach etwa den gleichen Wert, d. h., die Leistung, die auf der Primärseite zufließt, wird bis auf die Verluste auf der Sekundärseite wieder abgegeben. Die Verhältnisse von Spannung zu Strom der beiden Wicklungen verhalten sich zueinander etwa wie das Quadrat der Windungszahlen (Transformation des Widerstands). Das Verhältnis der Windungszahlen wird als *Übersetzungsverhältnis* bezeichnet.

Verwendung. In der Starkstromtechnik dient der T. vor allem dazu, die verschiedenen Spannungsebenen, auf denen die Übertragung der elektrischen Energie aus wirtschaftlichen Gründen erfolgt, miteinander zu verbinden. In diesem Fall wird der T. auch als **Umspanner** bezeichnet. Eine besondere Form des Umspanners ist der **Dreiwicklungstransformator**, der drei Wicklungen besitzt und drei Netze verschiedener Spannungen miteinander verbindet. T.en mit besonderen Eigenschaften werden für die Speisung spezieller Geräte eingesetzt, z. B. Gleichrichtertransformatoren zur Speisung von Gleichrichteranlagen, Ofentransformatoren zur Speisung elektrischer Widerstands- und Lichtbogenöfen, Schweißtransformatoren zur Lichtbogenschweißung und Prüftransformatoren zur Gewinnung hoher Wechselspannungen, mit denen andere Geräte auf ihre Spannungsfestigkeit geprüft werden. Weitere Sonderformen sind → **Quertransformator**, → **Reihentransformator**, → **Sparttransformator**, → **Stelltransformator**, → **Drehtransformator**. T.en der Starkstromtechnik werden bis zu Leistungen von 3000 MVA (Megavoltampere) hergestellt. In der Schwachstromtechnik dient der T. als Netztransformator für die Energieversorgung der schwachstromtechnischen Geräte und als Anpassungstransformator; er wird in diesem Fall auch **Übertrager** genannt. In der Anwendung als Übertrager wird die Transformation des Widerstands ausgenutzt, um zwischen einem gegebenen schwachstromtechnischen Generator und einem gegebenen schwachstromtechnischen Verbraucher → **Anpassung** herzustellen. In der Meßtechnik dient der T. als **Wandler** (Strom- und Spannungswandler), → **Meßwandler**. Beim **Stromwandler** wird die Transformation der Ströme ausgenutzt, um hohe Stromstärken auf einen bequem meßbaren Wert (im allg. 5 A) herabzusetzen. Beim **Spannungswandler** wird die Transformation der Spannungen ausgenutzt, um hohe Spannungen auf bequem meßbare Werte (im allgemeinen 100 V) herabzusetzen. Beide Wandler haben daneben die Aufgabe, das Meßinstrument galvanisch vom Meßobjekt zu trennen (Bedeutung bei Messung in Hochspannungsanlagen). Der Belastungswiderstand eines Wand-

lers, der durch das Meßinstrument und seine Zuleitungen gegeben ist, wird als **Bürde** bezeichnet.

Lit. Domsch: Der Übertrager in der Nachrichtentechnik (Leipzig 1953); Haberland: Wechselstrommaschinen, T.en und Stromrichter (9. Aufl. Leipzig 1950); Stanek: Technik elektrischer Meßgeräte (Berlin 1957); Varduhn-Nell: Handb. der Elektrotechnik Bd I (5. Aufl. Wittenberg 1952); Handb. T.en und Wandler (Berlin 1958).

2) **Strömungslehre:** eine Strömungsmaschine zur Umwandlung von Drehmomenten, → **Strömungsgetriebe**.

Transgression, das Vordringen des Meeres über das Festland. T. kommt dadurch zustande, daß das Festland sich infolge von Epirogenese langsam senkt oder der Meeresspiegel sich im Zuge eustatischer Bewegungen hebt. Gegensatz: → **Regression**.

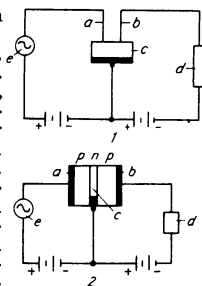
Transinformation, Wirkinformation, diejenige Information, die ein Empfänger über ein in der Quelle stattfindendes Ereignis tatsächlich erhält. Danach kann die T. als Informationsüberdeckung, d. h. als der Sender und Empfänger gemeinsame Informationsgehalt aufgefaßt werden. Die T. wird als Differenzbetrag des mittleren Informationsgehaltes je Zeichen $H(x)$ der Informationsquelle und der bei der Übertragung durch den Einfluß einer Störquelle im Mittel „zerstörten“ Information $H(y/x)$ aufgefaßt.

Von dem von der Quelle auf den Kanal übertragenen mittleren Informationsgehalt je Zeichen $H(x)$ wird im Falle eines gestörten Kanals im Mittel der Teil $H(x/y)$ „zerstört“ und durch die von der Rauschquelle produzierte irrelevante Information (auch Irrelevanz genannt), die durch den mittleren Informationsgehalt $H(y/x)$ gemessen werden kann, ergänzt. T. ist dann derjenige von der Nachrichtenquelle gesendete Teil der Information, der den Empfänger im Mittel erreicht, also: $T = H(x) - H(x/y)$. Aus dem vom Empfänger aufgenommenen mittleren Informationsgehalt je Zeichen $H(Y)$, der die Irrelevanz (Irrelevanzentropie) mit enthält, läßt sich ebenfalls die T. berechnen: $T = H(Y) - H(Y/X)$. Aus beiden ergibt sich die gleiche T.

Transistor, ein verstärkendes elektrisches Bauelement mit mindestens drei Elektroden, dessen wesentlichster Bestandteil ein Halbleiter ist.

Aufbau. Die drei Elektroden sind der Emitter, der Kollektor und die beide verbindende Basis. Beim **Spitzentransistor**, der ursprünglichen Form, besteht die Basis aus einem Germaniumeinkristallplättchen, auf dem Emitter und Kollektor als zwei feine Drahtspitzen mit einem Abstand von 0,05 bis 0,25 mm voneinander aufsitzen. Der Spitzentransistor wird nur noch zu Spezialzwecken verwendet, er ist weitgehend durch den betriebssicheren **Flächentransistor** ersetzt worden. Bei diesem bestehen die drei Elektroden aus einem Germanium- oder Siliziumeinkristallplättchen mit mindestens drei Zonen verschiedenen Leitungstyps (→ Halbleiter); und zwar bestehen die beiden äußeren Zonen (Emitter und Kollektor) aus dem p-Typ und die mittlere Zone (Basis) aus dem n-Typ (pnp-Transistor) oder umgekehrt (npn-Transistor); die pnp-Kombination wird häufiger angewandt. Die p-Kristallzonen (Emitter und Kollektor) werden beim Germanium z. B. durch Einlagieren von Indium oder beim Silizium z. B. durch Einlagieren von Aluminium erzeugt. Nach der Herstellungsmethode — Legierung, Diffusion oder Kombination beider Verfahren — unterscheidet man verschiedene Typen von T.en.

Bei den **Legierungstransistoren** werden die Fremdatome (Indium oder Aluminium) in Form von Perlen einlagert. Um eine möglichst hohe Grenzfrequenz zu erreichen, muß die Basis möglichst dünn sein, da die Basisschicht quadratisch in die Laufzeit der Ladungsträger eingeht. Um eine Grenzfrequenz von 1 MHz zu erreichen,



Schaltbilder von Transistoren: 1 Spitzentransistor, 2 Flächentransistor. a Emitter, b Kollektor, c Basis, d Arbeitswiderstand, e Steuerwechselspannung

darf die Basisschicht nicht dicker als etwa $50\text{ }\mu\text{m}$ sein. Bei einer Dicke des Halbleiterplättchens von $200\text{ bis }60\text{ }\mu\text{m}$ — aus rein fertigungstechnologischen Gründen sind diese Werte kaum zu unterschreiten — kann man den Legierungsprozeß bis zu Basisschichtdicken von $50\text{ bis }25\text{ }\mu\text{m}$ noch beherrschen. Störend treten Variationen der Legierungstiefe und damit örtliche Schwankungen der stehendenbleibenden Basisschichtdicke hervor. Diese können verringert werden, indem man das Plättchen dort, wo Kollektor und Emitter einlegiert werden sollen, hinreichend dünn ätzt (elektrolytische Ätzung, **Philco-Transistor**). Man hat damit Basisschichtdicken von $2\text{ bis }10\text{ }\mu\text{m}$ erreicht und so Grenzfrequenzen von $10\text{ bis }50\text{ MHz}$ ermöglicht. Um diese Grenzfrequenzen im Verstärkerbetrieb auszunutzen zu können, müssen die schädlichen Kapazitäten klein gehalten werden, d. h., die einlegierten Perlen müssen sehr klein sein. Dadurch sinkt jedoch die Leistung. Systeme mit Emitterdurchmessern bis zu $50\text{ }\mu\text{m}$ stellen wahrscheinlich die praktisch erreichbare Grenze dieses Legierungsverfahrens dar. Die Legierungstransistoren sind hauptsächlich als Niederfrequenztransistoren geeignet.

Die diffundierten T.en stellen eine Weiterentwicklung der Legierungstransistoren dar. Bei der immer weiteren Verkleinerung des Legierungssystems benutzte man keine Perlen aus Indium oder Aluminium mehr, sondern brachte diese Materialien in geringen Mengen durch ein Elektrolattierverfahren oder durch Aufdampfen an der Kristalloberfläche auf. Von dieser Aufdampftechnik kam man zur völlig neuen Diffusionstechnik. Man stellte fest, daß die Fremdatome aus der Gasphase in den Kristall eindiffundieren, wenn man den Kristall einem Gas von Fremdatomen aussetzt. Die Diffusionsfront dringt sogar wesentlich gleichmäßiger in den Kristall ein als eine Legierungsfront. Eine Besonderheit zeigt diese Diffusion. Verschiedene Fremdelemente diffundieren unter gleichen Bedingungen (Temperatur, Dampfdruck) verschieden schnell in den Kristall ein. Läßt man nun Akzeptoren und Donatoren, die geeignete Eindringgeschwindigkeiten besitzen, in den Kristall eindiffundieren, so kann man Zonenfolgen *n-p-n* oder *p-n-p* mit äußerst dünner Mittelschicht als Basis züchten. *Beispiel:* Es soll eine *n-p-n*-Zonenfolge in einem Siliziumkristall hergestellt werden. Dazu wird ein *n*-leitendes Silizium-Einkristallplättchen einer Atmosphäre von Antimon (fünfwertig, Donator) und Aluminium (dreiwertig, Akzeptor) ausgesetzt. Nun diffundiert das Aluminium bei einer bestimmten Temperatur 100mal schneller in den Kristall ein als das Antimon, das dafür an der Oberfläche des Kristalls eine etwa 100mal so große Konzentration erreicht. Nach einer bestimmten Zeit stellt sich die gewünschte Störstellenverteilung ein. Bei einem diffundierten T. kann man die Grenzfrequenz also dadurch erhöhen, daß man nicht nur eine sehr dünne Basisschicht herstellen kann, sondern auch noch zusätzlich eine geeignete Dichteverteilung in der Basis ausnutzt. Eine zum Kollektor hin abnehmende Dotierung erzeugt stets ein beschleunigtes Feld für den Emitterstrom, eine zum Kollektor hin zunehmende Dotierung ein bremsendes Feld. Diffundierte T.en, bei deren Züchtung man besonderen Wert auf einen günstigen Dotierungsverlauf in der Basiszone legt, nennt man auch *Drifttransistoren*.

Der Umstand, daß die Kontaktierung mit Emitter und Kollektor wieder mit einem Legierungsprozeß verbunden ist, hat zur Entwicklung der verschiedenartigsten Konstruktionen von T.en geführt, bei denen Diffusions- und Legierungsverfahren kombiniert zur Herstellung der eigentlich aktiven Zonen angewendet werden. Ein Typ dieser T.en ist der **Mesatransistor**. Als

Ausgangsmaterial dient ein aus der Schmelze gezogener *p*-leitender Germaniumeinkristall vom spezifischen Widerstand $\rho = 1\text{ }\Omega\text{ cm}$, der zersägt und poliert wird, als Ausgangsmaterial. Die entstehenden Scheiben werden nach einer sorgfältigen Oberflächenbehandlung im Dampf eines Donators (z. B. Arsen oder Antimon) erhitzt, wodurch sich bei einer Temperatur von $600\text{ bis }700\text{ }^\circ\text{C}$ eine eindiffundierte *n*-leitende Schicht der Dicke $1\text{ bis }2\text{ }\mu\text{m}$ bildet (Einwirkungszeit je nach Temperatur und Dampfdruck zwischen $20\text{ und }80\text{ min}$). Nun werden im Hochvakuum (10^{-6} Torr) durch geeignete — sehr kompliziert herzustellende — Masken auf einer Scheibe Emitter- und Basiskontakte für einige hundert T.en aufgedampft und einlegiert. Danach muß die Kollektoreinsel (*Mesa* genannt) herausgearbeitet werden. Hierfür kommen nur chemische oder elektrolytische Ätzverfahren in Betracht, wobei während der Ätzung der Bereich der *Mesa* gegen den Ätzangriff mittels eines photographischen Verfahrens geschützt werden muß. Nach Ablösung dieser Schutzschicht ist dann die endgültige *Mesa*struktur entstanden. Erst jetzt werden die Scheiben zerschnitten und die einzelnen Plättchen, deren jedes eine *Mesa* trägt, auf die Grundplatte aufgelegt. Dies kann entweder unmittelbar auf der Grundplatte (gute Wärmeableitung) oder isoliert gegen die Grundplatte vorgenommen werden. Bei isoliertem Aufbau liegt die *Mesa* nicht am Gehäuse, was für manche HF-Anwendung von Vorteil ist. Für das Auflegieren werden bei Germanium-Mesatransistoren im allgemeinen Goldlegierungen verwendet. Die Kontaktierung des Emitters und der Basis wird mit Hilfe des Verfahrens der „*thermocompression*“ ohne Fluß- oder Lötlötmittel durch Aufdrücken eines dünnen Golddrahts (Durchmesser $10\text{ bis }15\text{ }\mu\text{m}$) bei einer Temperatur von etwa $300\text{ }^\circ\text{C}$ vorgenommen. Durch plastische Verformung des Golddrahtes kann eine solche innige Verbindung erreicht werden, daß bei starker Zugbeanspruchung eher der Draht reißt als daß sich die Verbindung wieder löst. Die Länge eines Systems Emitter/Basis entspricht etwa der Dicke eines menschlichen Haares. Der Mesatransistor wird, nachdem er im Vakuum ausgeheizt und mit Schutzgas gefüllt wurde, verschlossen. Eine Voralterung bei erhöhter Temperatur schließt den Herstellungsgang ab. Trotz der hochempfindlichen, an Geräten aufwendigen Arbeitsvorgänge ist der Mesatransistor wirtschaftlich herzustellen, da fast alle teuren Arbeitsgänge Massenvorgänge sind, die für mehrere tausend Transistorsysteme gleichzeitig durchgeführt werden. Die Diffusions- und Mesatransistoren werden besonders zur Hochfrequenzverstärkung eingesetzt.

Eine Weiterentwicklung der Mesatransistoren ist die Anwendung der \rightarrow Epitaxie-Technik, wodurch die Halbleiterplättchen durch Halbleiterschichten ersetzt werden. Mit dieser Technik hergestellte T.en sind für Frequenzen bis 1 GHz sowie vor allem zum Erreichen kürzester Schaltzeiten geeignet.

Auf Grund ihrer Vorteile — T.en sind sehr klein, besitzen lange Lebensdauer, benötigen keine Heizspannung und nur niedrige Betriebsspannung (normal $6\text{ oder }9\text{ V}$, in Sonderfällen $30\text{ bis }130\text{ V}$) — werden sie in Rundfunk- und Fernsehempfängern, besonders in batteriebetriebenen Kleinstempfängern als Verstärker, allgemein in der industriellen Elektrotechnik verwendet. Die Datenverarbeitung und Rechen-technik kommen ohne diese Bauelemente heute nicht mehr aus. So würde z. B. eine programmgesteuerte Drehbank mit alter Elektronikausrüstung das Mehrfache ihrer eigenen Masse beanspruchen. Nachteilig gegenüber den Elektronenröhren ist die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Eigenschaften (z. B. der Verstärkung).

Lit. Falter: Dioden- und Transistortechnik (3. Aufl. Berlin 1963); Fedotow u. Schmarzew: T.en (dtisch Berlin 1963); Fischer: Transistortechnik für den Funkamateure (3. Aufl. Berlin 1964); Frank u. Šnejdar: Halbleiterbauelemente, Bd I, II (Berlin 1964); Paul: T.en (2. Aufl. Berlin 1967); Putzmann: Kristalldioden und T.en (Berlin 1958); Rumpf u. Pulvers: Transistor-Elektronik (3. Aufl. Berlin 1967); Taeger: Transistorentaschenbuch (2. Aufl. Berlin 1964).

Transitron, eine Schaltungsanordnung mit einer Elektronenröhre — meist einer Pentode — bei der die fallende Kennlinie des Schirmgitterstromes in Abhängigkeit von der negativen Bremsgitterspannung zur Erzeugung ungedämpfter sinus- oder sägezahnförmiger Schwingungen ausgenutzt wird.

Translation, 1) eine Bewegungsform (→ Bewegung), bei der alle Punkte des bewegten Körpers zu jeder Zeit gleich große und gleich gerichtete Geschwindigkeit haben, d. h., der Körper behält seine Orientierung im Raum bei, z. B. die Gondel eines Riesenrades; → Rotation. Eine beliebige Bewegung setzt sich aus einer T. und einer Rotation des Körpers um den Schwerpunkt zusammen.

2) svw. → Parallelverschiebung.

Transmethylierung, die Übertragung einer Methylgruppe $-\text{CH}_3$ aus einer Verbindung in eine andere unter katalytischer Wirkung bestimmter Fermente, der Methyltransferasen.

Transmission, eine Anlage zur Kraftübertragung auf mehrere Maschinen. Sie besteht aus Lagerböcken, Wellen, Riemen und Riemenscheiben. Heute wird die T. in steigendem Maße durch Einzelantrieb abgelöst, da sich bei Transmissionsantrieb ein großer Antriebsmotor erforderlich macht, der nur bei gleichzeitiger Benutzung aller Maschinen ausgelastet ist.

Transmitter, svw. → Meßumformer.

transmutations per second, Kurzz tps, die Anzahl der Kernzerfallsakte je Sekunde in einer radioaktiven Substanz. Auf diese Größe werden die Einheiten der Aktivität (→ Radioaktivität) zurückgeführt. So hat eine radioaktive Substanz die Aktivität von 1 Ci (Curie), wenn im statistischen Mittel $3,7 \cdot 10^{10}$ tps auftreten. Unter **transmutations per minute**, Kurzz tpm, versteht man die Anzahl der Kernzerfallsakte je Minute.

Transsonde, → Ballon.

Transparenz, → Durchlässigkeit.

Transponder, → Interrogator.

Transporterscheinungen, in der Physik die zusammenfassende Bezeichnung für eine große Gruppe nichtumkehrbarer (irreversibler) Erscheinungen, wie Wärmeleitung, Elektrizitätsleitung, Diffusion, Viskosität, thermoelektrische Effekte u. a. Ihre Erklärung wird durch die → molekular kinetische Theorie der Materie gegeben.

Transport- und Verarbeitungsschiff, ein → Fischereifahrzeug.

Transurane, zusammenfassende Bezeichnung für die Elemente mit den Ordnungszahlen 93 bis 104, d. h. die im Periodensystem jenseits des Urans stehenden Elemente. Zu den T.n gehören die Elemente Neptunium, Plutonium, Amerizium, Curium, Berkelium, Kalifornium, Einsteinium, Fermium, Mendelevium, Nobelium, Lawrentium und Kurtschatovium. Die T. (außer Kurtschatovium) bilden zusammen mit Thorium, Protaktinium und Uran die Gruppe der → Aktinide; sie sind sämtlich radioaktiv und direkt oder indirekt aus dem Uran darstellbar. Man kann die T. voneinander durch Ionenaustauschverfahren trennen. In der Natur finden sich nur Plutonium und Neptunium in verschwindend geringen Mengen in Uran- und Thoriummineralen. Mit Ausnahme der Elemente Mendelevium, Nobelium, Lawrentium und Kurtschatovium, von denen nur je ein kurzlebiges Isotop bekannt ist, sind bis jetzt von allen anderen T.n eine ganze Reihe

mehr oder weniger kurz- oder langlebiger Isotope bekannt.

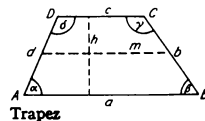
Lit. Lawruchina u. Solotow: Die T. (dtisch Leipzig 1961).

transversal, svw. quer verlaufend, z. B. Transversalwelle (→ Welle, → Erdbeben), Transversalverschiebung (→ Verwerfung).

transzendent, nicht algebraisch, → Funktion, → Gleichung, → Kurve, → Zahl.

Trapez, ein ebenes Viereck mit zwei parallelen, ungleich langen Seiten, den Grundlinien a und c des T.es. Die beiden nichtparallelen Seiten b und d heißen Schenkel. Sind sie gleich lang, so spricht man von einem gleichschenkligen T. Die Summe der einem Schenkel anliegenden Winkel ist 180° : $\alpha + \delta = \beta + \gamma = 180^\circ$. Der Abstand der beiden parallelen Seiten ist die Höhe h des T.es. Die Mittellinie m ist parallel zu den Grundlinien und halbiert die Höhe h sowie beide Schenkel.

Es gilt $m = \frac{a+c}{2}$. Der Umfang des T.es ist gleich $a + b + c + d$, sein Flächeninhalt gleich $m \cdot h$ bzw. $\frac{a+c}{2} \cdot h$.



Traß, ein Trachyttuff von grauer bis bräunlicher Farbe, der aus vulkanischen Schlammströmen oder aus Glutwolken im Brohl- und Nettetal in der Eifel entstanden ist. Er wird gemahlen als natürliches hydraulisches Zusatzmittel für Mörtel und Beton verwendet, auch für den Unterwasserbau. T. wurde schon von den Römern als natürlicher Zement benutzt.

Trasse, im Eisenbahn-, Straßen- und Kanälbau eine abgesteckte Linie. Im Bahnbau ist die T. bei eingleisigen Strecken die Gleisachse, bei zweigleisigen Strecken die Bahnachse im Grundriß. Das Entwerfen einer Bahnlinie (Suchen einer neuen T.) heißt **Trassieren**. **Trassierungselemente** sind Krümmungen (Bogen verschiedener Halbmesser) und Neigungen (Gefälle und Steigungen); sie dienen beim Trassieren zur Umgehung oder Überwindung von Geländeschwierigkeiten.

Traubenzucker, svw. → Glukose.

Traverse f , 1) ein Querträger, z. B. an Telegraf- und Hochspannungsmasten, die mehrere Leitungen tragen, und an Schiffs-Lademasten, die mehrere Ladebäume tragen.

2) ein → Lastaufnahmemittel.

3) ein buhlenartiger Querbau, der ein Leitwerk mit dem Ufer verbindet.

Travertin, → Sinter.

Trawler, ein → Fischereifahrzeug.

Treibachsanhänger, svw. → Triebachsanhänger.

Treibarbeit, Treiben, Abtreiben, Kupellation, 1) allgemein das Entfernen eines Stoffes durch chemische Umsetzung. Bei der Bromdarstellung z. B. läßt man in einem Abtreibeturm auf die Endlage von unten einen Chlorstrom einwirken; dieser treibt das Brom aus.

2) Metallurgie: die Isolierung von Edelmetallen durch Oxydation der unedleren Begleitmetalle, z. B. bei der Gewinnung von Silber.

Treibdampfpumpen, → Vakuumpumpe.

Treiben, 1) Fertigungstechnik: das kalte Umformen von Blechgefäßen und Hohlteilen mit unregelmäßiger Gestalt, die sich nicht durch Blechziehen oder Blechdrücken formen lassen, durch Streckschmieden (→ Freiformschmieden) mit kleiner Schlagzone. Schlagwerkzeuge sind der **Treibhammer** und die mit meißelartigen Schlagköpfen versehene **Punze**. Die Schlagunterlagen bestehen aus Holz, Blei, Stahl oder Treibpech (Mischung aus Pech, Ziegelmehl und Wachs), mitunter auch aus einem Lederkissen mit Sandfüllung. Zum T. sind Metalle mit hoher Dehnbarkeit geeignet, z. B. Gold, Silber, Kupfer, Zink, Aluminium und deren Legierungen sowie weicher Stahl. Die beim T. durch die Kaltverfestigung

auf tretende Sprödigkeit des Metalls muß durch Zwischenglühen behoben werden. Bei feineren Treiberarbeiten mit Punzen spricht man von Ziselieren. Die Treiberarbeit findet Anwendung in der Goldschmiedetechnik, Klempnerei, Kunstschmiede- und Kupferschmiedetechnik, wird aber durch Blechdrücken und -ziehen mit anschließendem Hohlprägen (→ Prägen) immer mehr verdrängt.

2) Metallurgie: svw. → Abtreiben.

Treiber, chemische Verbindungen, die erhärtete Massen zerstören. Gipstreiber entstehen, wenn Zemente (außer Sulfathüttenzement) mehr als etwa 3 Masse % SO_3 enthalten oder wenn es bei ständiger Berührung mit sulfathaltigem Wasser zu nachträglicher Sulfatanreicherung kommt. Je nach der Sulfatkonzentration der angreifenden Wasser kommt es bei niedrigen Konzentrationen vorzugsweise zur Bildung von Kalziumaluminatsulfathydraten (*Zementbazillus*) $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{CaSO}_4 \cdot 31 \text{H}_2\text{O}$ und $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{CaSO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, bei höheren Konzentrationen entsteht Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Bei allen Verbindungen tritt durch die Bindung von Sulfaten und Wasser eine Volumenvergrößerung ein, wodurch es im erhärteten Beton oder Mörtel zu Rissen und Gefügelockerungen kommt. Bei der Erhärtung von Sulfathüttenzement entsteht stets Kalziumaluminathydrat, wirkt aber, da es sich während der Erhärtung (im plastischen Bereich) entwickelt, nicht als T.

Kalktreiber (Kalkplätzer) entstehen in Form von Kalziumhydroxid beim nachträglichen Ablösen von Kalkteilen, wobei es zu einer Erwärmung, Volumenvergrößerung und demzufolge zu kraterähnlichen Aussprengungen kommt. Ein nachträgliches Ablösen von Kalk kann z. B. eintreten, wenn bei Mörtel aus gebranntem Kalk (CaO) nicht die vorgeschriebene Liegezeit eingehalten wurde. Meist kommt es dazu bei überbranntem Kalk, besonders bei Dolomitkalk, weil bei diesem das Ablösen langsamer vonstatten geht.

Als Träger der **Magnesiatreiber** kommt das im Bindemittel vorhandene freie Magnesiumoxid in der Gestalt von Periklaskristallen in Betracht. Die zum Treiben führende Hydratation des Magnesiumoxids verläuft viel langsamer als die des überbrannten Kalkes. Bei Vorhandensein „reaktionsfähiger“ Kieselsäure im Betonzuschlagstoff können manchmal durch die Bildung von gelbförmigen Alkalisilikathydraten **Alkalitreiber** entstehen. Damit aber ein Zement Alkalitreiber veranlassen kann, muß sein Gehalt an Alkalioxyden größer als 0,6 Masse % sein.

Treibmittelpumpen, → Vakuumpumpen.

Treibnetz, ein → Fischfanggerät.

Treibscheibe, in der Fördertechnik ein Rad mit einer oder mehreren Rillen am Umfang, in die Drahtseile eingelegt werden können. T.n dienen zum Antrieb beweglicher Seile von → Aufzügen, → Seilschwebbahnen und → Schachtförderanlagen und werden aus Stahlguß hergestellt oder in Schweißkonstruktion gefertigt. Die Kraftübertragung erfolgt durch Reibschluß. Um den Reibwert zwischen der T. und dem Drahtseil zu erhöhen, werden die Rillen mit Hartholz oder Gummi ausgekleidet. Die **Karlikscheibe** hat am Umfang verteilt eingelassene Zangen, die sich bei Druck selbsttätig schließen und bei Entlastung öffnen. Die Zangen klemmen die Drahtseile ein und erhöhen somit die Kraftübertragung wesentlich. Die Karlikscheibe wird hauptsächlich für Antriebe von Seilschwebbahnen verwendet. Die nach ihrem Erfinder benannte **Koepescheibe** wird als T. für Schachtförderanlagen verwendet. Ihr Durchmesser beträgt meist mehrere Meter.

Treibstange, bei Lokomotiven die Kuppelstange zwischen den Treibrädern.

Treibstoffe, svw. → Kraftstoffe.

Tremadoc, → Ordovizium.

Tremolith, ein → Amphibol.

Trend, → statistische Reihen.

Trenndüse, → Isotopentrennung.

Trennen, 1) chemische Verfahrenstechnik: das Zerlegen von Stoffgemischen unter Berücksichtigung der chemischen Eigenschaften (z. B. Reaktionsfähigkeit) und der physikalischen Eigenschaften (z. B. Aggregatzustand, Siede- und Schmelzpunkt, Löslichkeit, Dichte) der Stoffe. Man kann die Trennverfahren nach energetischen Gesichtspunkten einteilen: 1) T. unter Anwendung mechanischer Energie. Hierzu gehören Sieben, Sichten, Klassieren, Filtern, Zentrifugieren u. a. 2) T. unter Anwendung thermischer Energie. Dazu zählen Destillation, Rektifikation, Trocknung, Desorption, Thermomodifikation, Absorption, Extraktion, Verdampfung, Kondensation, Sublimation, Kristallisation u. a. 3) T. unter Anwendung elektrischer Energie. Dazu gehören z. B. elektrostatische Gasreinigung, Magnetscheidung, Elektrophorese, Elektroosmose, Elektrodialyse.

Lit. → Verfahrenstechnik.

2) Fertigungstechnik: eine Hauptgruppe der → Fertigungsverfahren, das Fertigen durch Ändern der Form eines festen Körpers, wobei der Stoffzusammenhalt örtlich aufgehoben wird. Dabei ist die Endform in der Anfangsform enthalten. Auch das Zerlegen zusammengesetzter Körper wird als T. bezeichnet. Die Hauptgruppe T. umfaßt nach TGL 21639 die Gruppen → Zerteilen, → spanende Formung und → Abtragen.

Trennrohrverfahren, → Isotopentrennung.

Trennschärfe, → Selektion.

Trennschleuder, svw. → Zentrifuge.

Trennungsfäche, → Strömungslehre.

Trennungseuchten, → Lumineszenz.

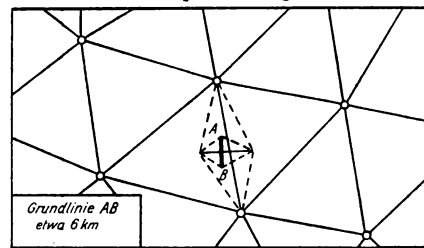
Trennwirkung, svw. → Selektion.

Tresse, → Litze.

Trevira, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Tri, 1) Abk. für → 2,4,6-Trinitrotoluol, 2) Abk. für → Trichloräthen.

Triangulation, Dreiecksmessung, eine im wesentlichen aus Winkelmessungen bestehende Vermessungsmethode zur Bestimmung der Lage von Punkten der Erdoberfläche. Die T. schafft durch Bestimmung von → trigonometrischen Punkten die Grundlage zur Landesvermessung. Die gegenseitige Zuordnung dieser Punkte erfolgt durch ein Dreiecksnetz, in dem die Länge einer Seite aus einer → Basis mit höchster Genauigkeit abgeleitet wird. Daran werden durch fortlaufende Messungen aller Dreieckswinkel die weiteren Netzpunkte angeschlossen. Das



Triangulationsnetz mit Basisvergrößerungsnetz

gesamte Dreiecksnetz wird nach der Reihenfolge seiner Entstehung und damit nach dem Grad seiner Genauigkeit in mehrere Ordnungen unterteilt. Die durch die T. I. Ordnung erhaltenen Punkte dienen als fehlerfrei angenommene Grundlage für die Bestimmung der trigonometrischen Netze II. und III. Ordnung. Zur weiteren Punktverdichtung dient in der DDR das Aufnahmenetz, dessen Punkte z. T. nach Ver-

fahren der → Kleintriangulation bestimmt werden. Die durchschnittlichen Längen der Dreiecksseiten betragen im Netz I. Ordnung etwa 30 km, im Netz II. Ordnung etwa 15 km, im Netz III. Ordnung etwa 5 km, im Aufnahmernetz etwa 2 km. Bei weiträumigen Netzen werden in Abständen von etwa 200 km weitere Grundlinien gemessen. Zur Orientierung des Netzes auf dem Erdellipsoid sind auf einigen ausgewählten Punkten I. Ordnung astronomisch-geodätische Beobachtungen zur Bestimmung von Azimut und geographischen Koordinaten erforderlich. Die rechnerische Bearbeitung einer T. I. Ordnung bedarf weiterhin der Schwerewerte der Hauptpunkte, die durch geophysikalische Schweremessungen (→ Gravimetrie) erhalten werden. Die T. dient neben der praktischen Landesvermessung auch wissenschaftlichen Untersuchungen über Größe und Gestalt der Erde. Seitdem die Verfahren der Streckenmessung unter Benutzung elektromagnetischer Wellen so weit entwickelt wurden, daß sie in der Geodäsie angewendet werden können, ist es möglich, von der klassischen Methode der T. auf der Grundlage der Winkelmessung zur **streckenmessenden T.** oder **Trilateration** überzugehen, → Streckenmessung.

Durch die → Bildtriangulation kann ein auf der Erdoberfläche vorhandenes Festpunktfeld durch Messungen in → Meßbildern photogrammetrisch verdichtet werden. Damit kann die Kartenherstellung mit Hilfe der → Photogrammetrie, zu der im Gelände eingemessene Festpunkte (Paßpunkte) benötigt werden, wesentlich wirtschaftlicher erfolgen.

Mittels spezieller künstlicher Erdsatelliten können T.en über sehr große Entfernungen ausgeführt werden, → Satellitentriangulation.

Trias, das untere System des Erdmittelalters (→ System, Tab.). Man unterscheidet germanische T. und alpine oder pelagische T. Die **germanische T.** (nördliches Mitteleuropa) wird in die drei Abteilungen **Buntsandstein**, **Muschelkalk** und **Keuper** gegliedert. Das nördliche Mitteleuropa war in der T. weithin als ein Binnenbecken ausgebildet, das in der Entstehungszeit des Buntsandsteines Festland war, in der Muschelkalkzeit von einem Flachmeer eingenommen und im Keuper wieder Festland wurde, während das Gebiet der **alpinen** oder **pelagischen T.** auf Grund des damals beiderseits der Zentralzone der Alpen herrschenden Meeres Tiefseecharakter hatte. Tektonisch war die T. eine Zeit der Ruhe. Die Festländer nahmen weite Räume ein. Besonders auf der südlichen Halbkugel förderte der Vulkanismus riesige Mengen basaltischer Lava. Das Klima war wesentlich ausgeglichener als im Perm, am Ende der T. wurde es kühler und feuchter. Neue Pflanzenformen sowie die ersten Säugetiere traten auf. An nutzbaren Gesteinen entstanden Sandstein und Kalk, ferner Steinsalz.

Triazetat, ein Zelluloseester, → Zelluloseazetat. **Tribochemie**, Zweig der physikalischen Chemie, der zu dem Gebiet der Mechanochemie gehört. Die T. befaßt sich mit den chemischen und physikalisch-chemischen Änderungen von Festkörpern unter Einwirkung mechanischer Energie, z. B. unter Einfluß von Reibungs- oder Stoßenergie. Ein ideal aufgebauter Körper, d. h. ein Einkristall, wird hierdurch in einen gittergestörten Zustand unter Ausbildung zahlreicher Kristallbaufehler übergeführt. Da die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen mit zunehmendem Grad der Gitterstörung ansteigt, lassen sich durch Einwirkung mechanischer Energie chemische Reaktionen (**tribochemische Reaktionen**), z. B. die Bildung von Nickelkarbonyl aus Nickel und Kohlendioxid, die Oxydation des Nickels durch Sauerstoff, Kohlendioxid und

Kohlendioxid, und auch katalytische Umsetzungen am mechanisch bearbeiteten Katalysator (**tribokatalytische Reaktionen**, z. B. die Hydrierung von Benzol am Nickelkontakt) außerordentlich beschleunigen. Mit maximaler Geschwindigkeit laufen chemische Reaktionen unmittelbar während des Stoßvorganges ab, da es hierbei zu einer besonders starken Störung und kurzzeitigen Auflockerung des Gitters und zur Emission von Festkörperatomen und -ionen (**Tribosublimation**), von Elektronen (**Exoemission**), Photonen (**Tribolumineszenz**) und im Gitter eingeschlossenen Gasmolekülen (**Tribodesorption**) kommt. Dieser als **Triboplasma** bezeichnete Zustand existiert nur $\approx 10^{-7}$ s und löst auch sehr energieaufwendige chemische Reaktionen aus, so z. B. die Hydrierung von Siliziumkarbid mit Wasserstoff. Durch Bearbeitung können auch Gasatome und -moleküle aus der Umgebung in das Festkörpergitter übergeführt werden (**Triboabsorption**). Mit zunehmender Intensität der Bearbeitung (W_{mech}) wächst proportional hierzu die Geschwindigkeit der tribochemischen Reaktion (RG) an. Diese Abhängigkeit $RG \sim W_{\text{mech}}$ wird als die **tribochemische Energiebeziehung** bezeichnet. Bei Zimmertemperatur lassen sich durch Einwirkung mechanischer Energie **tribochemische Gleichgewichte** (z. B. am System $\text{CdO} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CdCO}_3$) einstellen.

Eine große technische Bedeutung hat die T. bei Reibungs-, Schmierungs- und Verschleißvorgängen, bei der Reiboxydation, bei der Auflösung von Bränden in Sauerstoffanlagen und bei der Synthese zahlreicher chemischer Produkte.

Lit. Thießen, Meyer, Heinicke: Grundlagen der T. (Berlin 1967).

Triboelektrizität, svw. → Reibungselektrizität. **Tribolumineszenz**, → Lumineszenz.

Trichloräthen, abg. Tri, $\text{CHCl}=\text{CCl}_2$, ein Chlorderivat des Äthens, eine farblose, giftige Flüssigkeit (Kp. 87 °C). T. ist vor allem ein wertvolles Lösungs- und Extraktionsmittel.

Trichlormethan, svw. → Chloroform.

Trichterstrahler, → Antenne.

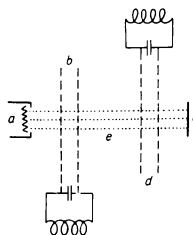
Trickfilm, → Filmtechnik, Abschn. 3.

Trickverfahren, Bezeichnung für Aufnahmeverfahren in der Filmtechnik, mit denen verblüffende Effekte erzielt werden, die sich mit den gebräuchlichen Aufnahmetechniken nicht durchführen lassen oder unökonomisch wären. Man unterscheidet 1) **einfache T.**, z. B. Bildfrequenzänderungen, Filmablaufumkehrungen, einfache Ein- und Überblendungen, Kaschtricks; 2) **komplizierte T.**, z. B. Glasvorsatzverfahren, Diaprojektion, Miniatur- und Riesenbau, Modellvorsatz- und Perspektivbau. Beim Modellvorsatzbau bildet man einen Teil des Aufnahmeobjektes, beim Perspektivbau die rückwärtigen Dekorationsteile nach perspektivischen Gesetzen verkleinert nach; 3) **Kombinations-T.**, z. B. → Aufprojektionsverfahren und → Rückprojektionsverfahren, Spiegeltrick-, Wandermaskenverfahren; 4) **besondere T.**, z. B. pyrotechnische T., Witterungs-, Puppen- und Zeichentricks (über den Zeichentrickfilm → Filmtechnik, Abschn. 1e).

Trieb, svw. → Getriebe.

Triebachsanhänger, **Treibachsanhänger**, **Triebachswagen**, ein meist nur hinter Traktoren verwendeter Anhänger (meist Einachs-, seltener Zweiachswagen), bei dem eine Achse über eine oder mehrere Gelenkwellen vom Motor des ziehenden Fahrzeuges mit angetrieben wird. Dadurch kann ein größerer Teil des Fahrzeuggewichtes als Adhäsionsgewicht ausgenutzt und damit eine größere Triebkraft auf die Fahrbahn übertragen werden.

Triebwagen



Zweikreis-Triftröhre. a Katode, b Steuerelektrode mit angeschlossenem Steuerkreis, c Anode, d Ausgangselektrode mit angekoppeltem Ausgangskreis, e Laufraum

Triebwagen, 1) ein Schienenfahrzeug mit eigenem Antrieb und großer Nutzfläche zur Beförderung von Personen oder Gütern. Nach dem Antrieb unterscheidet man elektrische T. mit Fremdeinspeisung aus der Fahrleitung (Oberleitung oder Stromschiene), elektrische T. mit Energiespeicher (**Speichertriebwagen**, → Speichertriebfahrzeug), **Dieselttriebwagen** mit Antrieb durch Dieselmotor und mechanischer, hydraulischer oder elektrischer Kraftübertragung (Diesellokomotiven, → Lokomotive). Nach dem Einsatzgebiet werden die T. unterteilt in **Schnelltriebwagen** mit hohem Reisekomfort für weite Entfernungen und große Geschwindigkeiten und in **Nahverkehrstriebwagen** mit großem Fassungsvermögen für schnellen Fahrgastwechsel. Eine Sonderform stellt der Dieselleichttriebwagen (→ Schienenbus) für den Personenverkehr auf Nebenstrecken dar. **Gepäcktriebwagen** sind in erster Linie für den Gepäcktransport eingerichtet, **Gütertriebwagen** sind antriebsmäßig für die zusätzliche Beförderung einzelner Güterwagen ausgelegt (Tafel 6).

Die Einsatzgrenze zwischen Triebwagenzügen und Lokomotivzügen wird von wirtschaftlichen Gesichtspunkten bestimmt. Die japanische Tokaidostrecke für 200 km/h wird ausschließlich von Triebwagen befahren.

2) bei Straßenbahnen und Stadtschnellbahnen ein Wagen mit eigenem Antrieb und Führerstand, der mit → Steuerwagen oder Beiwagen zu Triebwagenzügen zusammengestellt werden kann. Bei Metros und S-Bahnen bilden T. und Beiwagen oft eine elektrische, bei Verwendung von gemeinsamen Mitteldrehgestellen (Jakobsdrehgestellen) auch eine mechanisch untrennbare Einheit.

Lit. Kunicki: Deutsche Dieselttriebfahrzeuge gestern und heute (Berlin 1966), Kraftübertragungsanlagen für Dieselttriebfahrzeuge (Berlin 1965); Kohls: Die Elektrik der Dieselttriebfahrzeuge (Berlin 1965); Schwerin: Hilfseinrichtungen der Dieselttriebfahrzeuge (Berlin 1965); Zschech: Triebwagenarchiv (Berlin 1966); Taschenb. Diesellokomotiven (Berlin 1967); Fachkunde für Dieselttriebfahrzeuge (Berlin 1967); Leitfaden der Dieselttriebfahrzeuge (Berlin 1967); → Lokomotive.

Triebwerk, der treibende, aus mehreren Elementen bestehende Teil einer Maschine, insbesondere das → Flugtriebwerk und das Raketenantriebswerk (→ Rakete).

Trieste, → Tiefseetauchgeräte.

Trieur, **Zellenausleser**, ein Gerät zum Sortieren von Mischfrüchten nach der Korngröße und zum Auslesen von Unkrautsamen und Halbkörnern. Das Sortiergut wird einem geeigneten, umlaufenden Zylinder mit Vertiefungen (Zellen) auf der Innenwand zugeführt (**Trommel-, Zylindertrieur**). Körner, die kleiner sind als die Zellen, Bruchkörner und Unkrautsamen werden in den Zellen mitgenommen und fallen in eine Fangmulde. Körner, die größer sind als die Zellen, gleiten über diese hinweg oder fallen wieder heraus und wandern an das untere Ende des Zylinders, wo sie abgesackt werden. Beim **Scheiben- oder Cartertrieur** befinden sich die Auslesezellen auf den Seitenflächen von umlaufenden Scheiben. Der **Schneckentrieur** oder **Wendelausleser** besteht aus einer mehrgängigen, um einen senkrechten Schacht gewundenen Blechschnecke, deren Rutschflächen um 45° geneigt sind. Beim **Nadel- oder Erbsentrieur** gelangt das Saatgut in einen rotierenden Blechzylinder, dessen Innenflächen spitze Nadeln tragen, die beschädigte Körner aufspießen und mitnehmen. T.e können zusätzlich mit Windreinigung (durch Gebläse) und Sortiertrommel versehen sein.

Trietokalgiläser, → Sehhilfe.

Triftröhre, **Klystron**, eine Laufzeitröhre, bei der ein Elektronenstrahl mit einem stehenden Hochfrequenzfeld in Wechselwirkung tritt. Nach der Zahl der Resonatoren unterscheidet man Ein-

kreis- (Einkammer-) und Mehrkreis- (Mehrkammer-) Triftröhren. Bei der **Zweikreis-Triftröhre** (Abb.) durchfliegen die aus der Katode emittierten und durch eine positive Hilfsspannung auf hohe Geschwindigkeit gebrachten Elektronen zwei die Kapazität eines Hohlraumresonators (Steuerkreis) bildende Gitter. Zwischen beiden Gittern liegt eine hochfrequente Wechselfeldspannung, so daß die Elektronen je nach Phasenlage beschleunigt oder abgebremst werden (**Geschwindigkeitssteuerung**). In einem anschließenden feldfreien Lauf- oder Triftraum werden die langsamen (abgebremsten) Elektronen von den schnellen (beschleunigten) Elektronen eingeholt. Dadurch bilden sich in einer gewissen Entfernung vom Steuerraum örtlich-zeitlich aufeinanderfolgende Elektronenanhaftungen (Elektronenpakete) und Elektronenverdünnungen; diesen Vorgang nennt man **Phasenfokussierung**. Im Ergebnis erhält man aus dem geschwindigkeitsgesteuerten Elektronenstrahl durch Phasenfokussierung einen dichtgesteuerten Elektronenstrahl, der durch einen zweiten Hohlraumresonator (Ausgangskreis) fliegt und in diesem durch Influenz eine hochfrequente verstärkte Schwingung erregt. Die Elektronen werden dabei abgebremst und geben Energie an den Ausgangskreis ab.

Der wichtigste Vertreter der **Einkreis-Triftröhren** ist wegen seiner technischen Bedeutung das **Reflexklystron**. Es hat an Stelle des Ausgangskreises eine gegen Katode auf negativem Potential liegende Elektrode, Reflektor genannt. Die Geschwindigkeitssteuerung und die Energieauskopplung erfolgen im gleichen Kreis, da die Elektronen nach dem ersten Durchlauf vor dem Reflektor umkehren und wieder zum Steuerkreis zurückfliegen. Die Phasenfokussierung vollzieht sich beim Hin- und Rücklauf im hochfrequenzfeldfreien Laufraum. Durch geeignete Wahl der Reflektorspannung kann die Elektronenlaufzeit zwischen Reflektor und Resonator so auf die Eigenresonanzfrequenz des Steuerkreises abgestimmt werden, daß die Elektronenpakete durch das hochfrequente Wechselfeld abgebremst werden. Dabei geben sie kinetische Energie an das Hochfrequenzfeld ab, die zum Teil als Nutzleistung verbraucht werden kann. Das Reflexklystron wird hauptsächlich als Oszillator in Überlagerungsempfängern und Meßsendern verwendet.

Die erreichbaren HF-Leistungen des Reflexklystrons liegen je nach Ausführung und Wellenlänge zwischen etwa 10 W bei Zentimeterwellen und einigen mW bei Millimeterwellen. Der Wirkungsgrad liegt meist unter 5%. Höhere Wirkungsgrade und größere Leistungen erreicht man mit Mehrkreis-Triftröhren. Mit einer modernen Zweikreis-Triftröhre, die zur Verstärkung von Dezimeterwellen eingesetzt wird, können eine etwa 10fache Leistungsverstärkung und eine Ausgangsleistung von etwa 1 kW im Dauerbetrieb bei einem Wirkungsgrad von 10% erreicht werden. Mit Mehrkreis-Triftröhren, bei denen weitere Schwingkreise zwischen Eingangs- und Ausgangskreis angeordnet sind und die eine zusätzliche Geschwindigkeitssteuerung der Elektronen hervorrufen, erreicht man 10000fache Leistungsverstärkungen sowie HF-Leistungen bis 50 kW im Dauerbetrieb und Impulsleistungen bis etwa 30 MW bei einem Wirkungsgrad bis zu 45%. Sie werden in der Radioastronomie und zur Nachrichtenübertragung über Satelliten eingesetzt.

Lit. Megla: Dezimeterwellentechnik (6. Aufl. Berlin 1961).

Trigger, eine elektrische oder elektronische Schaltvorrichtung, die durch stoßartige Veränderung eines Potentials einen elektrischen Vorgang, z. B. die Zündung eines Thyratrons, einleitet. Der T. wird besonders beim → Flip-flop verwendet.

Trigonometrie [griechisch, „Dreiecksmessung“], ein Teilgebiet der Geometrie, behandelt die Beziehungen zwischen Seiten und Winkeln der Dreiecke und ihre Anwendung bei Dreiecksberechnungen. Mit Hilfe der T. kann man aus drei gegebenen, voneinander unabhängigen Stücken eines Dreiecks (Seiten oder Winkel) alle übrigen Stücke des Dreiecks und seinen Flächeninhalt (im allgemeinen eindeutig) durch Rechnung bestimmen. Da die üblichen Mittel der Planimetrie für derartige Berechnungen nicht ausreichen, bedient sich die T. der \rightarrow *Winkelfunktionen*, die auch *trigonometrische* oder *goniometrische Funktionen* genannt werden.

Die Definition der Winkelfunktionen, die Untersuchung ihrer Eigenschaften und ihrer gegenseitigen Beziehungen ist die Aufgabe der **Goniometrie**, die die Grundlage für die trigonometrischen Berechnungen schafft. Je nach Art der zu berechnenden Dreiecke unterscheidet man **ebene T.** und **sphärische T.** Die sphärische T. beschäftigt sich mit der Berechnung von auf der Kugeloberfläche gelegenen Dreiecken, den sphärischen Dreiecken (Kugeldreiecke), die durch die Bögen dreier Großkreise begrenzt werden. Sie findet vor allem in Geodäsie, Navigation und Astronomie Anwendung.

Die wichtigsten Beziehungen und Sätze der T.
a) **Goniometrie** (Beziehungen der trigonometrischen Funktionen untereinander)

$$\begin{aligned}\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha &= 1 & \tan \alpha \cdot \cot \alpha &= 1 \\ \tan \alpha &= \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{\cot \alpha} & 1 + \tan^2 \alpha &= \frac{1}{\cos^2 \alpha} \\ \cot \alpha &= \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{\tan \alpha} & 1 + \cot^2 \alpha &= \frac{1}{\sin^2 \alpha}\end{aligned}$$

Additionstheoreme:

$$\begin{aligned}\sin(\alpha \pm \beta) &= \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta \\ \cos(\alpha \pm \beta) &= \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta \\ \tan(\alpha \pm \beta) &= \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \pm \tan \alpha \cdot \tan \beta} \\ \sin 2\alpha &= 2 \sin \alpha \cos \alpha \\ \cos 2\alpha &= \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha - 1 \\ \tan 2\alpha &= \frac{2 \tan \alpha}{1 - \tan^2 \alpha} = \frac{\cot \alpha - \tan \alpha}{1}\end{aligned}$$

b) **Ebene T.**

Sinussatz: $a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$

Kosinussatz: $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$

$$\begin{aligned}\tan \frac{\alpha - \beta}{2} &= \frac{a - b}{a + b} \\ \text{Tangenssatz: } \frac{\tan \frac{\alpha + \beta}{2}}{\tan \frac{\alpha - \beta}{2}} &= \frac{a + b}{a - b}\end{aligned}$$

Flächeninhalt des Dreiecks:

$$A = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$$

c) **Sphärische T.**

Kugeldreieck mit Seiten a, b, c und Winkel α, β, γ .

Sinussatz: $\sin a : \sin b : \sin c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$

Seitenkosinussatz:

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos \alpha$$

Winkelkosinussatz:

$$\cos \alpha = -\cos \beta \cdot \cos \gamma + \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \cos a$$

Sphärischer Exzeß: $s = \alpha + \beta + \gamma - 180^\circ$

$$\text{Flächeninhalt: } A = \frac{\pi r^2 s}{180}$$

Lit. Sammlung Crantz und Hauptmann: **Sphärische T.** (7. Aufl. Leipzig 1956), **Ebene T.** (10. Aufl. Leipzig 1957).

trigonometrische Funktion, svw. \rightarrow **Winkelfunktion**.

trigonometrischer Punkt, abg. T.P., der Punkt eines Dreiecksnetzes, der die Grundlage für alle Vermessungsarbeiten bildet (\rightarrow **Triangulation**). Man unterscheidet **Hoch-** und **Bodenpunkte**. **Hochpunkte** sind meist Kirchturmspitzen. **Bodenpunkte** sind im Gelände durch in den Boden eingelassene vierkantige Granitsteine

von 30 cm \cdot 30 cm \cdot 90 cm Abmessung für T. P. I. und II. Ordnung oder von 16 cm \cdot 16 cm \cdot 90 cm für T. P. III. und IV. Ordnung bezeichnet. Zu trigonometrischen Messungen müssen die Bodenpunktesignale selbst nicht anzielen kann. Für kurze Zielungen in offenem Gelände genügt ein aufgestellter Fluchstab, für größere Entfernungen baut man Signale in Form von hölzernen Pyramidengerüsten bis zu 70 m Höhe. Bei T. P. I. und II. Ordnung werden zur besseren Sichtbarmachung der Signale auf den Pyramidengerüsten \rightarrow **Leuchtgeräte** aufgestellt.

Trijodmethan, svw. \rightarrow **Jodoform**.

Trikarbonsäuren, \rightarrow **Karbonsäuren**,

triklin, \rightarrow **Kristall**.

Trilateration, svw. **streckenmessende** \rightarrow **Triangulation**.

Trilone, Wz., \rightarrow **Komplexone**.

Trimeres, ein Polymeres aus drei Grundmolekülen.

Trimethylelessigsäure, eine \rightarrow **Valeriansäure**.

Trimm, die Schwimmelage eines Schiffes oder die Fluglage eines Luftfahrzeuges in bezug auf seine Querachse. Ein Schiff trimmen bedeutet, es durch zweckmäßige Verteilung der Ladung oder des Ballasts, d. h. durch Füllen bzw. Lenzen (Auspumpen) von **Trimmtanks** mit Wasser, in bezug auf Tiefgang, Lage des Schwerpunktes und Lastigkeit in die richtige Schwimmelage bringen. Ein Schiff ist vertrimmt, wenn es bug-(topp-, kopf-) lastig oder heck-(achter-) lastig ist, d. h. an einem Ende tiefer im Wasser liegt als am anderen.

Auch Flugzeuge können kopf- oder schwanzlastig, d. h. vertrimmt, sein. Man gleicht dies durch entsprechende bleibende Einstellung von schmalen **Trimmklappen** oder **Trimmrudern** aus, die an den Hinterkanten der Quer- oder Höhenruder beweglich angebracht sind. Die Trimmklappen werden oft auch etwas aus der Ebene der Ruderfläche gedreht, um die Wirkung des Ruders zu erhöhen, so daß dieses nur wenig ausgelegt zu werden braucht und somit Kraft gespart wird.

Trimmer, ein kleiner veränderlicher \rightarrow **Kondensator**.

2,4,6-Trinitrophenol, svw. \rightarrow **Pikrinsäure**.

2,4,6-Trinitrotoluol, abg. **Trotyl**, **Tritol**, **Tolit**, **Tri**, **TNT**, $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$, gelbe Kristalle (F. $81^\circ C$), die sich am Licht bräunlichgelb färben. Technisch stellt man 2,4,6-T. durch Nitrieren von Toluol her. 2,4,6-T. ist ein sehr handhabungssicherer, stoßunempfindlicher Sprengstoff (Detonationsgeschwindigkeit 6900 m s^{-1}). Die Sprengwirkung von Atom- und Wasserstoffbomben wird in der äquivalenten Sprengwirkung von Kilo- und Megatonnen des 2,4,6-T.s ausgedrückt. In den beiden Weltkriegen war es der wichtigste Militärsprengstoff.

Trinkwasser, \rightarrow **Wasseraufbereitung**.

Triode, eine \rightarrow **Elektronenröhre**.

Triosen, einfache \rightarrow **Kohlenhydrate** mit drei Sauerstoffatomen im Molekül. Die Phosphorsäureester der T.n sind wichtige Kohlenhydratstoffwechselprodukte.

Tripelpunkt, der durch eine bestimmte Temperatur und einen bestimmten Druck gekennzeichnete Punkt, an dem bei einer chemisch einheitlichen Substanz drei Phasen (Festkörper, Flüssigkeit und Gas) im stabilen Gleichgewicht nebeneinander bestehen können. Der T. ist der Schnittpunkt der Dampfdruck-, Schmelz- und Sublimationskurve im Zustandsdiagramm. Der T. von reinem, luftfreiem Wasser liegt bei der Temperatur $t = +0,0100^\circ C$ und dem Druck $p = 4,58 \text{ Torr}$. Er dient als thermometrischer Fixpunkt. — Stoffe mit mehreren Modifikationen haben gewöhnlich auch mehrere Tripelpunkte, in denen jeweils drei Phasen miteinander im Gleichgewicht stehen. So besitzt z. B. Schwefel mit

Tripelspiegel

seinen beiden festen Modifikationen (monoklin und rhombisch) drei Tripelpunkte.

Tripelspiegel, **Tripelprisma**, ein Glasprismenkörper (Durchmesser bis 8 cm), der die Eigenschaft hat, alle auf ihn treffenden Lichtstrahlen unabhängig vom Auftreffwinkel in sich selbst zu reflektieren. Der T. wird als Reflektor für elektro-optische Streckenmeßgeräte (→ Streckenmessung) verwendet. Meist sind mehrere T. in kreisförmiger Fassung angeordnet, um die reflektierende Oberfläche zu vergrößern.

Triphenylmethan, $\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$, ein aromatischer Kohlenwasserstoff, der durch Kondensation von Chloroform mit Benzol mittels Aluminiumchlorids als Katalysator hergestellt werden kann. Durch Oxydation wird es in Triphenylkarbinol ($\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{COH}$ umgewandelt, von dem sich die **Triphenylmethanfarbstoffe**, z. B. Malachitgrün, Methylviolet und die Phthaleine, ableiten. Sie geben sehr leuchtende, intensive, aber nur wenig lichtechte Färbungen und dienen in größerem Maße zum Färben von Tinten, Stempelfarben, Ölen, Fetten, Wachsen. Wegen ihrer geringen Licht-, Säure- und Alkaliechtheit haben sie jedoch nur geringe technische Bedeutung.

Trisaccharide, aus drei Molekülen eines Monosaccharids aufgebaute Oligosaccharide, → Kohlenhydrate.

Tritium, Symbol T, ^3H , das schwerste Wasserstoffisotop; Atomgewicht 3,01686 (bezogen auf ^{12}C). T. ist radioaktiv. Im Wasserstoff ist es zu $<10^{-10}$ enthalten. Der Atomkern des T. heißt **Triton**, Symbol t. Er besteht aus einem Proton und zwei Neutronen. T. zerfällt unter Aussendung schwacher β -Strahlung von maximal 17,9 keV mit einer Halbwertszeit von 12,262 Jahren. Dabei entsteht das Heliumisotop ^3He . Auf Grund der großen Masseunterschiede reagiert T. chemisch anders als Wasserstoff. In der Natur bildet es sich in den oberen Schichten der Atmosphäre durch Einwirkung von Neutronen der Höhenstrahlung auf Stickstoffkerne: $\text{N} + n \rightarrow \text{C} + ^3\text{H}$. T. gelangt als Tritiumwasserstoff HT besonders durch Konvektionsströmung zur Erdoberfläche. Im Wasser ist es in äußerst geringer Menge enthalten. T. wird im Kernreaktor hauptsächlich durch Beschuß von Lithium mit thermischen Neutronen gewonnen, wobei außerdem noch Helium entsteht. Man verwendet T. zur Darstellung von Verbindungen wie $\text{TC}\equiv\text{CH}$, NTH_2 , THS , C_2TH_2 , u. a. zu Forschungszwecken, in geringem Maße zu Markierungen in organischen Verbindungen. Mit Deuteronen beschossenes T. hat Bedeutung als Neutronenquelle. Diese Reaktion wird in Kernwaffen ausgenutzt. Die Tritonen dienen als Geschosse bei künstlichen Kernumwandlungen.

Tritol, Abk. für → 2,4,6-Trinitrotoluol.

Triton, der Atomkern des → Tritiums.

Trivialname, eine nicht der chemischen Nomenklatur entsprechende, aber zulässige Bezeichnung für chemische Stoffe, z. B. Soda für Natriumkarbonat, Ätznatron für festes Natriumhydroxid, Formaldehyd für Methanal.

Trockeneis, ein Kühlmittel aus festem Kohlendioxid CO_2 , das wie Wassereis zur einmaligen Kälterzeugung angewendet wird. T. wird hergestellt, indem man verdichtetes, vorgekühltes CO_2 auf 1 at entspannt, wobei festes CO_2 entsteht. T. verwandelt sich bei Wärmeaufnahme unmittelbar in gasförmiges CO_2 ; die Umwandlungstemperatur (Sublimationstemperatur) liegt bei -80°C . Im Vergleich zu Wassereis liefert T. größere Kälteleistung (etwa 160 kcal/kg), tiefere Kühlttemperatur und hinterläßt keinen Rückstand. T. wird vor allem zur Transportkühlung verwendet (Kühlwagen, Kühlauto, Kühlbehälter). Es darf nur mit geschützten Händen angefaßt werden.

T. wurde auch bei Versuchen in der Meteorologie eingesetzt. Von Flugzeugen aus in die Gipfel unterkühlter Quellwolken gebrachte Trockeneisflocken von etwa 1 cm Durchmesser lösten Regen aus; in nicht zu mächtige Schichtwolken entsprechend eingebrachtes T. wirkte wolkenauflösend.

Trockenelemente, → galvanische Elemente.

Trockengel, Wz., → Kieselgel.

Trockengleichrichter, → Stromrichter.

Trockenlöscher, → Handfeuerlöscher.

Trockenlöschpulver, ein → Feuerlöschmittel.

Trockenmetallurgie, swv. → Pyrometallurgie.

Trockenasierapparat, ein Rasierapparat mit elektrischem (**Elektrorasierapparat**) oder mechanischem Antrieb. Bei T.en, die nach dem System von Haarschneidemaschinen arbeiten, bewegt sich ein Messerkamm über oder unter einem feststehenden gezähnten Kamm hin und her. Durch das schnelle Aufeinandergleiten der beiden Schneidteile werden die Barthaare abgesichert, gleichzeitig wird ein Selbstschärfen der Kammzähne bewirkt. Der Antrieb erfolgt dabei meist durch einen Elektromagnet über ein Schwingensystem mit Feder oder durch einen elektrischen Kleinmotor mit Exzenter. Bei anderen T.en führen Messer oder Messerpakete eine umlaufende, halbkreisförmige oder geradlinige Bewegung hinter feststehenden Lochmetallfolien oder Gitterstegen aus. Die Löcher oder Lücken dieser Scherbleche sind so ausgebildet, daß die Barthaare einwandfrei hineingleiten und unabhängig von der Wuchsrichtung abgesichert werden. Der Antrieb erfolgt auch hier meist mittels eines Elektromagnets oder eines elektrischen Kleinmotors. Es gibt auch T.e, die wahlweise mit Netzanschluß oder Trockenbatterien oder Akkumulatoren betrieben werden oder nur Batterieanschluß besitzen, ferner T.e mit einem von Hand zu betätigenden Feder- oder Schwungmassenwerk.

Trockenstoffe, **Sikkative**, Substanzen, die trocknenden Ölen zugesetzt werden, um die Trockenzeit von ölhaltigen Anstrichstoffen herabzusetzen. Als T. verwendet man vor allem Kobalt-, Mangan- und Bleisalze höherer Fettsäuren, Harz- und Naphthensäuren (Metallseifen).

Trockensubstanz, der durch künstliche Trocknung bei 100°C ermittelte wasserfreie Anteil eines Stoffes.

trocknende Öle, → Fette und fette Öle.

Trockner, Anlagen zur Trocknung. Die Einteilung der thermischen T. erfolgt nach der Art der Wärmeübertragung auf das Gut (→ Trocknung). 1) **Konvektionstrockner** übertragen die Wärme durch Konvektion (→ Wärmekonvektion). Man unterscheidet a) T., bei denen das Gut (Gießereierne und -formen, keramische Erzeugnisse, Holz, Schleifscheiben, lackierte Gegenstände, Stoffbahnen) vom Trockenmittel überströmt wird. Dazu gehören **Trockenkammern**, **Tunneltrockner**, **Bandtrockner** und **Rollentrockner**; b) T., bei denen Schüttgutschichten (Grünfutter, Getreide, Gewürzpflanzen, Wollknäuel, Borsten, Zündhölzer, Bunaschnitzel, Stoffbahnen) durchströmt werden. Dazu gehören starr darren und **Wendedarren**, **Schacht-durchlauftrockner**, **Wirbelschichttrockner**, **Kipp-hordentrockner**, **Ein- und Mehrfachsiebbandtrockner**, **Siebtrommeltrockner**; c) T., bei denen Schüttgut in einem sich rasch bewegenden Gas im Fluge getrocknet wird. Dazu gehören **Stromtrockner** und **Mahltrittrockner**; d) T., bei denen Schlämme, Suspensionen bzw. Flüssigkeiten mit Feststoffanteil (Kaffeessud, Obstsaft, Blut, Leim, Chemikalien) in einen warmen Gasstrom eingedüst werden. Dazu gehören **Zerstäubungstrockner**.

2) **Strahlungstrockner** übertragen die Wärme durch Strahlung (\rightarrow Wärmestrahlung). Hierzu gehören T., bei denen das Gut hauptsächlich durch Strahlung beheizter Mantelflächen oder Infrarotlampen (\rightarrow Infrarot) erwärmt wird, z. B. Strahlungstunneltrockner für lackierte Autokarosserien, Bandtrockner für Gebäck, Tabletten u. a. kleines Stückgut.

3) **Kontaktrockner** übertragen die Wärme durch Leitung (\rightarrow Wärmeleitung). Man kann sie einteilen in a) T., bei denen breiiges Gut (Kartoffelstärke, Chemikalienschlämme) auf beheizte Wandungen aufgetragen wird, z. B. Ein- und Doppelwalzentrockner; b) T., bei denen Stoffbahnen über von innen beheizte Trommeln geleitet werden, z. B. Zylindertrockner; c) T., in denen schüttfähiges Gut (Rohbraunkohle) durch von außen mit Dampf beheizte Rohre geleitet wird, z. B. Röhrentrockner.

4) T. mit Erwärmung des Gutes auf mehreren Wegen. Bei ihnen wird schüttfähiges Gut (Sand, Mischdünger, Kali, Chemikalien, Getreide) sowohl durch das Trocknungsmittel direkt als auch durch strahlende Wandflächen oder beheizte Auflageflächen erwärmt. Hierzu gehören z. B. Trommeltrockner mit verschiedenartigen Schau-feleinbauten (Wirkungsweise wie Drehofen).

5) Über Hochfrequenzrockner, Vakuum-trockner und Gefriertrockner \rightarrow Trocknung.

Lit. Filonenko u. Lebedew: Trockenanlagen (dtsch Leipzig 1960); Krischer u. Kröll: Trocknungstechnik (2 Bde Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956); Maltry u. Pötke: Landwirtschaftliche Trocknungstechnik (Berlin 1963).

Trocknung, die Beseitigung von Feuchtigkeit aus Gasen, Feststoffen, Schlämmen, Suspensionen und Flüssigkeiten mit Feststoffanteil. Bei **Kühlung** (mit Wasser oder Kältemittel) eines Gases unter den Taupunkt fällt ein Teil der Feuchtigkeit in Form von Flüssigkeit oder Eis aus. Bei der **Sorptionstrocknung** wird das zu trocknende Gas an Sorbenzien (Lithiumchlorid, Silikagel) vorbeigeleitet. Die meistverbreitete Trocknungsart ist die **Verdunstungstrocknung**. Dabei erfolgt die Verdampfung bei wesentlich geringeren Drücken als beim Gesamtdruck des Systems. Der Dampf diffundiert in ein Trockenmittel (Luft, Rauchgas, Heißdampf) und wird mit diesem abgeführt. Bei der **Verdampfungstrocknung** und der **Sublimationstrocknung** geht die Verdampfung der Feuchtigkeit nahezu beim Gesamtdruck des Systems vor sich. Die Abfuhr des Dampfes erfolgt ohne Trockenmittel.

Zur Überführung der Feuchtigkeit in den Dampfzustand wird Wärme benötigt. Bei der **Freilufttrocknung** (Wäschetrocknung) wird der Wärmebedarf durch die Strahlungsenergie der Sonne und durch die fühlbare Wärme der Luft gedeckt. Bei der **thermischen T.** wird dem Trockengut Wärme, die aus Brennstoffen oder Elektroenergie erzeugt wurde, durch \rightarrow Wärmeleitung (**Konvektionstrocknung**) des Trockenmittels, \rightarrow Wärmestrahlung (**Strahlungstrocknung**), \rightarrow Wärmeleitung (**Kontaktrocknung**), Erzeugung im Trockengut oder auf mehreren dieser Wege zugeführt.

Eine besondere Form der thermischen T. stellt die **Vakuumtrocknung** dar. Sie ist eine Verdampfungstrocknung; infolge des nach der Evakuierung im Aggregat herrschenden niedrigen Druckes (\rightarrow Vakuum) sinkt die Siedetemperatur der Feuchtigkeit im Trockengut, so daß eine schonende T. erfolgen kann. Die Wärmezufuhr erfolgt durch Strahlung oder Leitung. Die Vakuumtrocknung wird bei der Herstellung von organotherapeutischen Präparaten, trockenen, hygienisch einwandfreien Seren, Penicillin sowie bei der Konservierung von vitaminreichen Lebensmitteln, Fleisch-, Fisch- und Eipräparaten

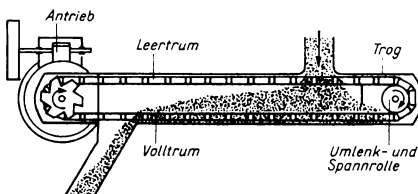
angewendet. Die **Gefriertrocknung** ist eine Vakuumtrocknung im Hochvakuumbereich (0,1 bis 0,001 Torr) für leicht zersetzliches, stark temperaturempfindliches Gut (z. B. Frauenmilch, Blutplasma, Pharmazeutika, Lebensmittel). Vor der T. wird das Gut eingefroren, so daß die T. durch Sublimation erfolgt.

Bei der **Hochfrequenzrocknung** (dielektrische T.) wird das Trockengut, z. B. Holz, Textil- und Papierstränge, Keramik, Gießkerne, in das Wechselfeld eines elektrischen Kondensators gebracht. Das Feld erzeugt dielektrische Verschiebungsströme im Trockengut, wodurch dieses eine gleichmäßige Erwärmung erfährt.

Über die zur T. verwendeten Anlagen \rightarrow Trockner.

Trogbandförderer, ein \rightarrow Gliederbandförderer.

Trogkettenförderer, **Redlerförderer** [nach dem englischen Erfinder A. Redler], ein Fördermittel zum waagerechten, geneigten oder senkrechten Transport von Schüttgut. Der T. gehört zu den Kettenförderern und besteht aus einem geschlossenen Trog mit rechteckigem Querschnitt, in dem eine oder zwei flachgliedrige, mit Querstegen versehene Ketten laufen. Das untere Trum gleitet auf dem Trogboden und dient als Förderorgan. Das obere rückläufige Trum wird auf seitlich an den Trogwänden oder in der Mitte des Troges befestigten Stützschiene über dem Fördergut geführt. Der Trog kann vollständig luftdicht abgeschlossen sein und dient dann dem Transport von leicht explosiven Fördergütern unter Schutzgas. Mit T.n ist senkrechte Förderung möglich, wenn der Trog für das obere und untere Trum getrennt wird und die Stege so ausgebildet sind, daß der ganze Umfang des Trogquerschnittes bestrichen wird.



Trogkettenförderer

T. werden in Brikettfabriken, in der chemischen Großindustrie, in Mühlen und als Verladeanlagen für Getreide eingesetzt.

Troilit, \rightarrow Pyrrhotin.

Trolitul, \rightarrow Plaste, Übers.

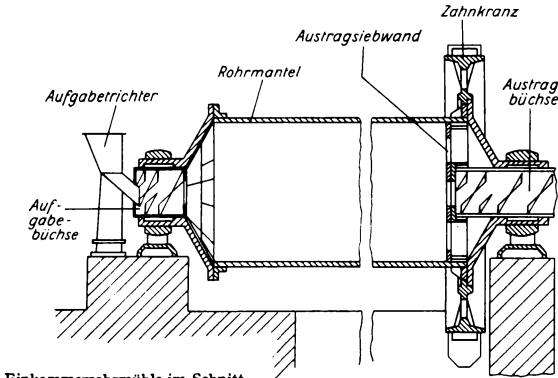
Trolleybus, \rightarrow Omnibus.

Trombe f, ein Wirbelwind. Die kleinsten und harmlosesten T.n sind die Staub- oder Sandwirbel über stark erhitztem Boden. Größere Wirbel heißen, wenn sie sich über dem Lande bilden, **Windhosen** (Sandhosen), über dem Wasser **Wasserhosen**. Sie entstehen bei starker Temperaturlabilität und starken horizontalen Temperaturgegensätzen in der Atmosphäre, wobei aus einer Wolke ein rasch rotierendes schlauchförmiges Gebilde, in dessen Innerem eine große Saugwirkung herrscht, herauswächst und schließlich den Erdboden erreicht. \rightarrow Wirbelsturm.

Trommelmühle, eine Maschine zum Feinzerkleinern von harten bis mittelharten Stoffen (z. B. Zementklinker, Erze) auf mittlere bis hohe Feinheit. Die T. arbeitet sehr oft satzweise. Sie besteht aus einer annähernd waagrecht gelagerten rotierenden Blechtrommel, die etwa zur Hälfte mit Mahlgut gefüllt ist. Als Mahlkörper werden Kugeln, kurze Stangenabschnitte (Cylpebse) und Stangen aus Stahl, Hartporzellan, Sinterkorund u. a. verwendet. Durch die Rota-

Trommeln

tion der Trommel wird die Füllung mehr oder weniger stark angehoben und stürzt wieder herab. Dabei tritt vorwiegend durch Schlag und Reibung die Zerkleinerungswirkung ein. T.n arbeiten trocken oder naß. Die T. wird besonders in der Zementindustrie, der chemischen und keramischen Industrie, der Hüttenindustrie u. a. verwendet.



Einkammerrohrmühle im Schnitt

Ähnlich wie die T. ist die **Rohrmühle** gebaut. Sie arbeitet stets kontinuierlich, ist länger als die T. und besteht aus einer in mehrere Kammern unterteilten Trommel. Diese ist entsprechend dem Mahlfortschritt mit verschiedenen großen Mahlkörpern gefüllt. Das Mahlgut wird stetig an einer Seite der Trommel aufgegeben und durchläuft die einzelnen Kammern. Sehr oft arbeitet die Rohrmühle im Kreislauf mit Klassiermaschinen.

Trommeln, swv. Trommelpolieren, → Polieren.

Trommelrechwender, → Heuviefachgeräte.

Troostit, metallographische Bezeichnung für ein Gefüge der Perlitstufe des Stahles, wobei die Abstände der Zementitlamellen so gering sind, daß sie lichtmikroskopisch nicht mehr aufgelöst werden können. T. entsteht bei Abkühlungsgeschwindigkeiten zwischen 300 und 500 °C/s bzw. beim Anlassen (Temperatur unter 400 °C). Er wurde benannt nach dem englischen Forscher Troost.

Tropen, → Erde, → Klima.

Tröpfchenmodell, ein Kernmodell, → Kernphysik.

Tropfkörper, → Abwasser.

Tropfstein, ein aus Kalzit bestehendes Gebilde, das durch Verdunstung von kalkreichem, in Höhlen herabtropfendem Wasser entsteht. Man unterscheidet **Stalaktiten**, d. s. von der Höhlendecke nach unten wachsende, und **Stalagmiten**, vom Höhlenboden aufwärts wachsende Zapfen.

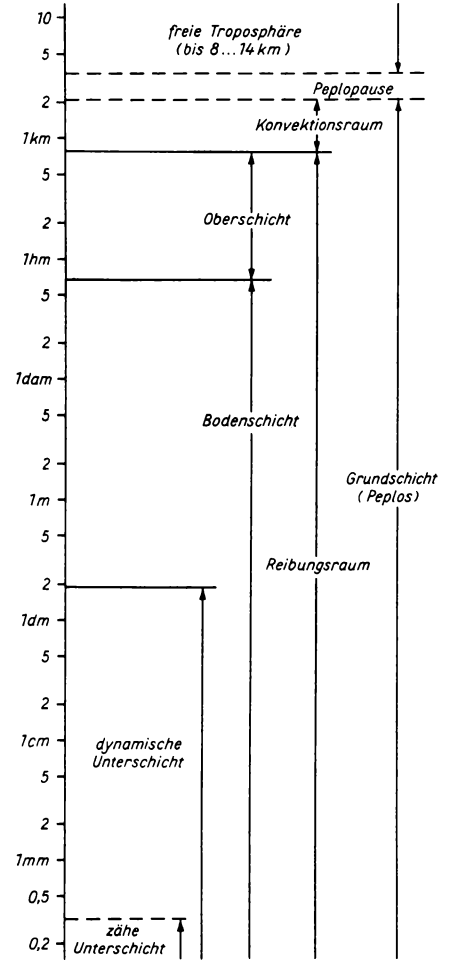
Tropik, → Fischereifahrzeuge.

Tropolone, in der Natur verbreitete, aromatisches Verhalten zeigende Verbindungen mit siebengliedrigem Ringsystem, drei konjugierten Doppelbindungen, je einer Karbonyl- und Hydroxylgruppe. Vertreter der T. sind z. B. das Kolchizin und die Thujapizine.

Tropopause, → Atmosphäre.

Troposphäre, die untere Schicht der → Atmosphäre bis 8...14 km Höhe. In ihr spielen sich die eigentlichen Wettervorgänge und bis zu etwa 3 km Höhe auch das menschliche Leben ab. Den oberen Abschluß der T. bildet die Tropopause. Nach verschiedenen Beobachtungen (Wind, Böigkeit, Windänderungen mit der Höhe, vertikaler Temperaturgradient, Dunst, Austausch, Vertikalbewegung) besteht in der T. noch eine

Grundschicht oder **Peplos** (griechisch „Mantel“), welche die Erde wie ein wärmender Mantel umgibt. Sie reicht bis 1...3 km Höhe und ist durch die **Peplopause** gegen die freie T. abgegrenzt. In der freien T. findet vorwiegend die Zufuhr verschieden temperierter Luft statt. Die Grundschicht selbst kann auf Grund der genannten Beobachtungen wiederum unterteilt werden in **Konvektionsraum** und **Reibungsraum**, die durch besondere Wind- und Bewölkungsverhältnisse gekennzeichnet sind. Der Reibungsraum kann unterteilt werden in eine Oberschicht und eine Bodenschicht; letztgenannte hat besondere Unterschichten (dynamische und zähe Unterschicht), in denen sprunghafte Änderungen molekularphysikalischer Größen, z. B. Schubspannung, auftreten.

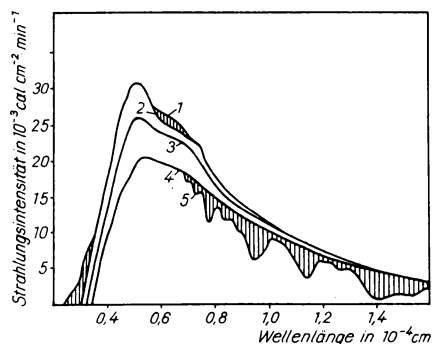


Vertikalgliederung der Troposphäre (logarithmischer Maßstab). Nicht permanente Schichtgrenzen sind gestrichelt gezeichnet

Trotyl, Abk. für → 2,4,6-Trinitrotoluol.

Trübung, atmosphärische T., die Verminderung der Strahlung durch in der Atmosphäre schwebenden Wasserdampf, Staub u. ä. Der **Trübungsfaktor** gibt an, wieviel reine Atmosphären dieselbe T. verursachen würden wie die vorhandene Atmosphäre. Er schwankt für Polarluft zwischen 1,85 und 2,17, für Tropikluft zwischen 2,26 und

3,63. Die opaleszente T. wird durch Teilchen hervorgerufen, die kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes sind.



Intensitätsänderung des Sonnenspektrums beim Durchgang durch die Atmosphäre. 1 Extraterrestrisches Sonnenspektrum, 2 Spektrum unter der Ozonschicht, 3 Spektrum nach Streuung durch Luftmoleküle, 4 Spektrum nach Schwächung der Strahlung durch Ozon, Luft und Dunst, 5 Bandenstruktur des Spektrums nach zusätzlicher Absorption durch Wasserdampf (1 bis 4 interpoliert, 5 am Grunde der Atmosphäre gemessene Werte)

Trübungs-messung, → Nephelometrie.

True Motion [englisch], die Anzeige der „wahren Bewegung“ auf dem Schirmbild des → Radars.

Trum *m* oder *n*, Plur. Trume oder Trümer, 1) Bergbau: eine Abteilung im → Schacht.

2) das Ober- bzw. Unterteil eines umlaufenden Zugorgans (Seil, Riemen, Gummi- oder Drahtgurt u. dgl.). Zum Beispiel wird der belastete Teil eines Gurtbandförderers oder einer Trogkette auch als **Volltrum** oder **Lasttrum** und der unbelastete als **Leertrum** bezeichnet.

Trümmerachat, eine Varietät des → Quarzes.

Try, Abk. für → Tryptophan.

Trypsin, ein zu den Proteasen gehörendes Ferment, das von der Bauchspeicheldrüse in den Dünndarm abgesondert wird. T. baut im schwach alkalischen Medium Eiweißstoffe bis zu den Aminosäuren ab. Es wirkt verdauungsfördernd und blutsenkend.

Tryptophan, abg. **Try**, α -Amino- β -indolylpropionsäure, eine essentielle Aminosäure mit heterozyklischem Rest. In den meisten Eiweißstoffen kommt T. nur in geringen Mengen vor. Verwendet wird es zur Behandlung von Eiweißmangel-schäden.

ts, Abk. für tons, → ton 1).

TS, Abk. für Turbinenschiff, → Dampfer.

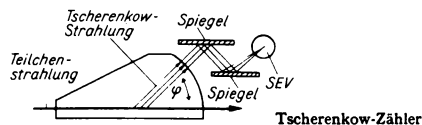
TS-Boot, Abk. für Torpedoschnellboot, → Schnellboot.

Tscherenkow-Strahlung, eine von dem sowjetischen Physiker Tscherenkow 1934 entdeckte und von den sowjetischen Physikern Frank und Tamm theoretisch erklärte elektromagnetische Strahlung. Die T.-S. entsteht bei der Bestrahlung einer Flüssigkeit mit Elektronen und anderen geladenen Teilchen, wenn deren Geschwindigkeit größer ist als die Phasengeschwindigkeit des Lichts, d. h. die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen, in der Flüssigkeit. Dann entstehen Lichtstrahlen, die sich bevorzugt in eine solche Richtung ausbreiten, die mit der Richtung der einfallenden Teilchen einen bestimmten Winkel φ bilden (**Tscherenkow-Effekt**). Die Größe dieses Winkels

folgt aus der Beziehung $\cos \varphi = \frac{c}{nv}$, wobei c die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, n der Brechungsindex der benutzten Flüssigkeit und v die Geschwindigkeit der geladenen Teilchen ist. Die Frequenz der T.-S. liegt z. T. im sicht-

baren Gebiet, so daß die T.-S. als bläuliches Leuchten wahrgenommen wird. Auch in Festkörpern kann eine T.-S. erzeugt werden.

Tscherenkow-Zähler, ein Strahlungsdetektor, in dem die → Tscherenkow-Strahlung zum Nachweis und zur Energiebestimmung hochenergetischer Teilchen, z. B. Elektronen, ausgenutzt wird. Als Detektormaterial wird im allgemeinen Polymethylmethakrylat verwendet. Die zum Teil im sichtbaren Spektralbereich liegende Tscherenkow-Strahlung wird mit einem Sekundärelektronenvervielfacher (SEV) gemessen. Über eine Bestimmung des Winkels φ zwischen den Richtungen von einfallender Teilchenstrahlung und dem ausgesandten Licht kann die Teilchenenergie ermittelt werden. Vorteile des T.-Z.s sind seine Unempfindlichkeit gegen Gammastrahlung und sein hohes zeitliches Auflösungsvermögen von etwa $5 \cdot 10^{-10}$ s.



Tschudikow-Verfahren, → Schweißen.

TSH, Abk. für Thyreotropin, → Hormone.

T-Stück, ein → Formstück.

Tsunqmi Plur. [aus dem Japanischen], seismische Meereswellen, durch Seebeben und Vulkanausbrüche erzeugte Flutwellen, die sich über große Entfernungen hinweg fortpflanzen. Sie erreichen beim Auflaufen auf die Küste große Höhen (bis 30 m) und können dabei gewaltige Schäden anrichten.

Tt, Kurzz. für Feinheit im → Tex-System.

TT, Abk. für Turbinentankschiff, → Dampfer, → Tankschiff.

TTL, → Innenmessung.

TTS, Abk. für Teletypesetter, → Setzen 1).

Tübbing *m*, ein Ringsegment aus Gußeisen, Stahl oder Stahlbeton. Aus T.s zusammengesetzte Ringe, die man zu einem geschlossenen Rohr aufeinander setzt, werden zum standsicheren und wasserdichten Ausbau von Schächten und Tunneln verwendet, vor allem dann, wenn diese durch wasserführende oder Schwimmsandschichten verlaufen (Tübbingausbau, Cuvelage).

Tube, → Koaxialkabel.

Tuberkulostatika, eine Gruppe von Chemotherapeutika mit spezifischer Wirkung gegenüber Tuberkelbakterien, z. B. Azetylaminobenzaldehyd-thiosemikarbazon (Wz. DDR Tebethion), p-Aminosalizylsäure (PAS) und Isonikotinsäurehydrazid (INH). Unter den Antibiotika wirken als T. vor allem Streptomycin und Zy-kloserin.

D-Tubokurarin, → Kurare.

Tucken, → Fischereifahrzeuge.

Tuff, 1) ein Gestein aus verfestigten vulkanischen Lockerprodukten. T.e begleiten fast alle Ergußgesteine, mit deren Namen sie jeweils auch bezeichnet werden: **Porphyruff**, z. B. der rötliche Rochlitzer Quarzporphyrtuff, der viel als Werkstein verwendet wird; **Trachytuff**, hierzu gehört der → Traß; **Basaltuff**, von diesen T.en wird nur der rote Schlackentuff vom Vogelsberg zu Werk- und Backofensteinen verwendet; **Diabastuff**, z. T. werden Diabas- und Keratophyrtuff mit Kalk- und Tonbeimengungen wegen der besonderen Absonderungsform als **Schalstein** bezeichnet. Wenn es zur Tuffbildung ohne Lavaerguß gekommen ist, erfolgt die Bezeichnung nach der mineralogischen Zusammensetzung des T.es, z. B. **Aschen-**, **Kristall-**, **Agglomerat-** und **Schmelztuff**. Tuffit ist ein T. mit Beimengung von Sedimentmaterial.

2) ein poröser Absatz aus Quellwasser, meist von Kalzit (Kalksinter, Kalktuff), → Sinter.

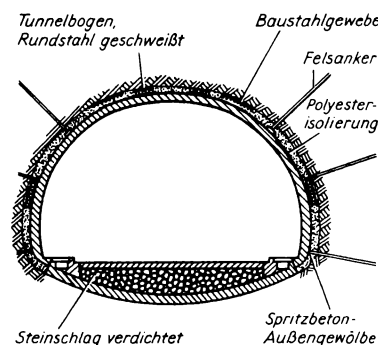
Tuner [aus dem Englischen], Bezeichnung eines Bausteins von Ton- und Fernschrundfunkempfängern insbesondere im Ultrakurzwellen- und Dezimeterwellenbereich. Der T. dient zur Abstimmung auf die gewünschte Empfangsfrequenz bzw. den gewünschten Kanal und wird deshalb bei Fernschrundfunkempfängern auch als *Kanalwähler* bezeichnet. Er umfaßt im allgemeinen die Vor- und Mischstufe.

Tungöl, → Fette und fette Öle.

Tunnel (Tafel 43), ein unterirdisch geführter Verkehrsweg. Nach dem Zweck unterscheidet man T. für Eisenbahn, Straße (Kfz), U-Bahn, Fußgänger, Kanal, Abwasser, nach der Lage Gebirgstunnel und Unterwassertunnel.

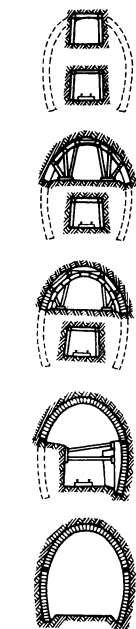
1) **Gebirgstunnel** werden in festem Gestein im bergmännischen Vortrieb hergestellt. Bei der traditionellen Bauweise wird ein Richtstollen als First- oder Sohlstollen vorgetrieben, anschließend erfolgt der Ausbruch in einzelnen Abschnitten bis zur Freilegung des Gesamtquerschnittes, z. B. in der Unterfangungsbauweise, wobei der ausgebrochene Raum durch Auszimmerung oder stählernen Einbau gegen Nachbrüche des Gesteins gesichert wird, bis der Vollausbau nachfolgt (Abb. 1). Im modernen Tunnelbau ist der sofortige Vollausbau üblich. Die freigelegten Flächen werden durch Spritzbeton und eingebohrte Felsanker, unter Umständen zusätzlich durch Netze, Lochbleche und Stahlbögen gesichert. Der Vorteil dieser Bauweise besteht in der großen Wirtschaftlichkeit (Fortfall der Auszimmerung, Einsatzmöglichkeit von großen Geräten für Lösen, Laden und Abtransport, weitgehende Verhinderung der Entspannung des Gebirges), daher sind geringere Abmessungen für den endgültigen Ausbau möglich (Abb. 2). Das Gestein wird durch Sprengen gelöst. Die Löcher für die Sprengladungen werden mit Schnellschlagdrehbohrern gebohrt, die – einzeln oder über den gesamten Querschnitt verteilt – auf Bohrwagen montiert sind. Die Anordnung und die Tiefe der Bohrlöcher sowie die Bemessung der Sprengladungen richten sich nach einem bestimmten, von den örtlichen Gegebenheiten bedingten Schema. Das Aufladen des gelösten Gesteines ist heute hoch mechanisiert (Verwen-

dung von Kopfladern u. ä.). Der Abtransport des Gesteins erfolgt mittels Förderbahn, im gleislosen Betrieb oder mittels Förderbändern.



2 Nach neuzeitlicher Bauweise hergestellter Tunnel im Querschnitt (Massenbergtunnel)

Der Ausbau wird im allgemeinen in Ort beton vorgenommen, bei Vollausbau fast stets auf verschiebbaren Stahlschalungen. Das Bergwasser wird durch Ableitung in Rohren und Rinnen zwischen Gebirge und Ausbau, durch eine Zwischendichtung mit Plastfolien oder durch Herstellung wasserdichten Betons vom Tunnelinneren ferngehalten. Im Lockergestein muß mindestens die Firste vor Beginn des Ausbruchs abgestützt werden. Dazu dienen die Getriebezimmerung, die Messerbauweise und die Schildbauweise. Die Schildbauweise ist für große Querschnitte sowohl im Trocknen als auch unter Wasser – dann mit Druckluftschild (Abb. 3) – geeignet. Der Schild, eine röhrenförmige Stahlkonstruktion vom Querschnitt des erforderlichen Ausbruchs, greift mit seiner Vorderkante, der Schneide, in die Stirnseite, die Ortsbrust, der Tunnelröhre ein. Im Schutz seines hinteren Teiles, des Schildschwanzes, werden die segmentförmigen Teile des Ausbaues, die Tübbings, aus Gußeisen oder Stahlbeton versetzt. Für das Versetzen benutzt man einen um die Schildachse drehbaren Kranarm, den Erektor. Der Zwischenraum zwischen dem Ausbau und dem Erd-



1 Herstellung eines Gebirgstunnels in der Unterfangungsbauweise

Gebirgstunnel

Name	geographische Lage	Länge (m)	Zweck*)	Bauzeit
Simplon 2	Schweiz – Italien	19804	E	1912...1922
Simplon 1	Schweiz – Italien	19770	E	1898...1906
Apennin	Italien	18510	E 2	1921...1930
St. Gotthard	Schweiz	14984	E 2	1872...1881
Lötschberg	Schweiz	14605	E 2	1906...1913
Mont Cenis	Italien – Frankreich	12820	E	1857...1871
New Cascade Basis	USA	12520	E	1926...1929
Montblanc	Italien – Frankreich	11600	St	1959...1965
Arlberg	Österreich	10250	E	1880...1884
Shimizu	Japan	9550	E	1922...1930
Rimutaka	Neuseeland	8791	E	...1955
Tauern	Österreich	8551	E 2	1901...1909
Münster-Grenchen	Schweiz	8600	E	1910...1916
Anden	Südamerika	8100	E	...1909
Karawanken	Österreich – Jugoslawien	7976	E 2	1901...1906
Rove	Frankreich	7300	Sch	1911...1927
Pyrenäen	Spanien	7260	E	...1912
St. Bernhard	Schweiz – Italien	5855	St	1958...1962
Zugspitzbahn	WD	4466	E	1929...1930
Cochern-Eller	WD	4203	E 2	1874...1877
Distelrasen	WD	3571	E 2	1908...1914
Fahrnau	WD	3170	E	1887...1890
Krährberg	WD	3100	E	...1882
Brandleite	DDR	3030	E	1880...1884
Semmering 2	Österreich	1511	E	1948...1951
Semmering 1	Österreich	1470	E	1849...1854

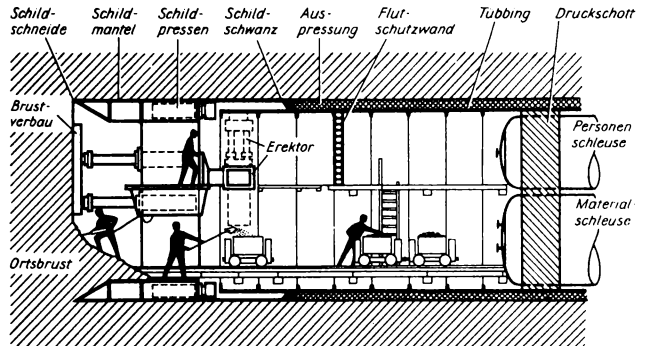
*) E = Eisenbahntunnel, St = Straßentunnel; 2 = zweispurig. Sch = Schiffahrtstunnel, führt den Kanal von Marseille bis zur Rhône (für Schiffe bis 1500 t)

reich wird mit Zementmörtel ausgepreßt. Der Schild wird durch Pressen, die sich gegen den Ausbau abstützen, gegen die Ortsbrust vorge-schoben. Bei nicht standfestem Erdreich muß die Ortsbrust durch einen Brustverbau abgestützt und abschnittsweise abgebaut werden. Zur Erhöhung der Vortriebsleistung und der manuellen Arbeit werden neuerdings Vortriebsmaschinen eingesetzt, bei denen Rollenmeißel oder Frä-scheiben, die um eine in der Tunnelachse lie-gende Welle laufen, das Fest- oder Locker-gestein an der Ortsbrust lösen und laden.

2) **Unterwassertunnel mit ein oder zwei Tunnel-röhren** (je eine bis drei Fahrspuren) werden nach verschiedenen Verfahren hergestellt. a) Die Her-stellung in offener Baugrube erfolgt im Grund wasser unter Wasserhaltung oder im freien Was-ser zwischen Fangedämmen. b) Beim Schild-vortrieb wird der Arbeitsraum gegen die fertig-gestellte Tunnelröhre durch ein Druckschott ab-geschlossen, in dem sich die Personen- und Materialschleusen befinden. Die Arbeitskammer wird durch Druckluft (→ Gründung 2d) wasser-frei gehalten. Besonders in nichtbindigem Bo-den ist ausreichende Überdeckungshöhe er-forderlich, um Luftausbrüche nach oben zu ver-hindern. c) Bei der Herstellung mit Druckluft-gründung (→ Gründung 2d) dient als Arbeits-kammer entweder die Tunnelröhre selbst, in die erst nach Erreichen der endgültigen Grün-dungstiefe die Sohle einbetoniert wird, oder man senkt mit Hilfe einer verlorenen Arbeitskammer ab, die über die ganze Grundfläche des Tunnel-stücks reicht und von den seitlich herunter-gezogenen Tunnelwänden und von der Tunnel-sohle als Decke gebildet wird. Längere T. wer-den in Absenkstücken von etwa 50 m Länge auf-geteilt und nach dem Absenken mit Hilfe von Tauchern verbunden. d) Das Absenkverfahren ist nur im freien Wasser anwendbar. Als Tunnel-stücke werden verwendet Stahlblechröhre mit Stahlbetonauskleidung, Stahlbetonkästen mit Außendichtung aus Stahlblech oder Klebdich-tung und Spannbetonkästen ohne Abdichtung. Die Tunnelstücke werden auf Hellingen oder in Trockendocks hergestellt, an ihren Enden mit wasserdichten Schotten versehen und zur Ab-senkstelle geschleppt. Unter der Gewässersohle wird ein Graben bis zur Gründungstiefe aus-gebaggert, in den die Tunnelstücke (übliche Länge ≈ 100 m) durch Einbringen von Füllbet-on oder Fluten von Ballasttanks abgesenkt werden (Abb. 4). Der T. wird entweder durch-gehend auf Sand- oder Kiesbettung, auf Stahl-betonstreifen, auf Einzelfundamenten oder — bei tiefliegender tragfähiger Untergrundsicht — auf Pfählen aufgelagert. In der endgültigen Lage

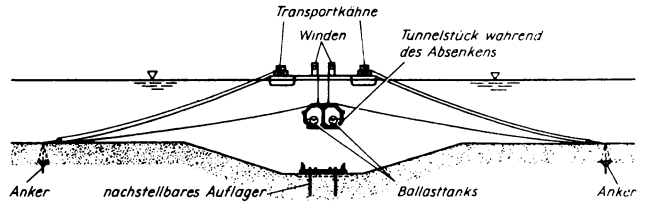
werden die Fugen zwischen den einzelnen Stücken von Tauchern oder im Schutze einer Taucher-glocke oder mit einer vorläufigen Gummidichtung geschlossen.

Die Querschnittsgestaltung eines T.s ent-spricht dem erforderlichen Lichtraumprofil (Eisen-bahn), der Anzahl der Fahrspuren und dem Platz-bedarf für Rohrleitungen, Kabel und Entwässe-rung. Beim Dampfloktrieb und besonders



3 Tunnelbau unter Wasser mit Druckluftschild

bei Straßentunneln (Gefahr durch Abgase) ist künstliche, betriebssichere Be- und Entlüftung erforderlich. Lange T. werden außerdem mit Signalanlagen, Rettungsnischen, Feuerschutz-geräten und sonstigen Sicherungseinrichtungen ausgestattet. In Straßentunneln ist künstliche Beleuchtung vorzusehen, wobei an den Tunnel-einfahrten durch stufenweise Abnahme der Beleuchtungsstärke oder durch Blenden über der Einfahrtsrampe ein allmählicher Übergang vom Tages- zum Kunstlicht geschaffen wird, und umgekehrt.



4 Unterwassertunnelbau im Absenkverfahren

Tunnelbahn, → Zweite Ebene.

Tunneleffekt, in der Atom- und Kernphysik die Erscheinung, daß Teilchen in ein Gebiet

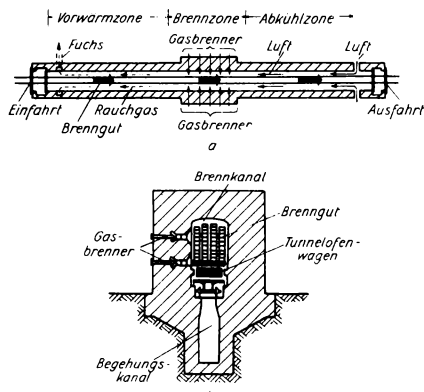
Unterwassertunnel

Name	geographische Lage	Länge (m)	Zweck*)	Bauweise**) Bauzeit
Hudson	USA	19920	U	· 1902...1909
Severn	Großbritannien	7447	E 2	· 1873...1886
Kam-mon	Japan (zwischen Honshu und Hokkaido)	3500	St	· ...1958
Mersey (Liverpool)	Großbritannien	3425	St 2	A 1925...1934
Rotterdam	Niederlande	2740	U	A z. Z. im Bau
Holland (New York)	USA	2 · 2580	St 2	A 1919...1927
Lincoln (New York)	USA	2440	St	· ...1940
Montreal	Kanada	1390	St 6	A z. Z. im Bau
Maas (Rotterdam)	Niederlande	1070	St 4	A 1935...1941
Detroit River	USA	3 · 807	E	A 1907...1909
Havanna	Kuba	733	St	A 1957...1959
Rendsburg	WD	640	St 4	A 1958...1961
Schelde (Antwerpen)	Belgien	570	F	Sch 1931...1933
Spree (Berlin)	DDR	450	U	Sch 1895...1899
Elbe (Hamburg)	WD	2 · 448	St	Sch 1907...1911

*) E = Eisenbahntunnel, U = U-Bahn-Tunnel, St = Straßentunnel, F = Fußgängertunnel; 2 = zweispurig, 4 = vierspurig usw. **) Sch = Schildbauweise, A = Absenkverfahren

gelangen können, das ihnen nach den Gesetzen der klassischen Mechanik nicht zugänglich ist, weil ihre Energie dazu zu gering ist. Nach der Quantenmechanik aber können Teilchen z. B. eine Potentialschwelle mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit doch überschreiten, indem sie sie sozusagen in einem Tunnel durchqueren. Der T. ist z. B. wichtig für die Erklärung des radioaktiven Zerfalls.

Tunnelöfen, Kanalöfen, tunnelförmige Industrieöfen insbesondere zum Brennen von keramischen Erzeugnissen. **Keramische T.** sind kontinuierlich arbeitende → Brennöfen mit feststehender Feuerzone und wanderndem Brenngut zum Brennen von Ziegeln, feuerfesten Erzeugnissen, Steingut, Elektroporzellan u. a. Die Beheizung erfolgt mit Gas oder elektrisch. T. bestehen aus einem aus Schirm-, Isolier- oder Ziegelsteinen gemauerten, außen oft mit einem Blechmantel umgebenen Tunnel (Brennkanal) mit einer Länge bis 130 m, auf dessen Sohle ein Gleis verlegt ist. Die Ware wird außerhalb des Tunnels auf Brennwagen mit einer Plattform aus Schamotte oder Schmelzzement gesetzt und durch den Ofen gefahren; der Vorschub erfolgt meist hydraulisch. Der ganze Ofen ist mit Wagen besetzt, jeder neu eingefahrene schiebt einen anderen hinaus. In der Mitte des Ofens befinden sich an beiden Seiten des Tunnels Gasbrenner, die die erforderliche Hitze erzeugen. Bei elektrischer Beheizung mit Heizstäben (z. B. Silbistäben) sind T. auch als Zweibahntunnelöfen ausgeführt (zwei Gleise nebeneinander oder zwei Bahnen übereinander). Während des Wagenvorschubs strömen die Rauchgase dem Wagen entgegen, wärmen die Ware vor und werden durch Abzugskanäle in den Schornstein gezogen. In der Kühlzone wird die gespeicherte Wärme der Ware an eingezogene Luft abgegeben; die Ware wird gekühlt, die Luft wird vorgewärmt und entweder zu Trockenzwecken verwendet oder — im Rekuperator als Verbrennungsluft auf 400 bis 500 °C erhitzt — den Brennern zugeführt. Das Entladen der Wagen erfolgt ebenfalls außerhalb des Ofens.



Gasbeheizter Tunnelofen: a Grundriß, b Querschnitt

Der Brennvorgang ist durch Meß- und Reguliereinrichtungen weitgehend automatisiert. T. benötigen wenig Bedienung und haben einen geringen Brennstoffverbrauch. Sie werden nur dann unwirtschaftlich, wenn sie öfters stillgelegt werden oder wenn die Brennwagen nicht voll besetzt werden können.

Tüpfelanalyse, → Fällungsanalyse.

Turas m, ein Umlenkrad für Laschenkettensystem (→ Kette) von Fördermitteln, z. B. der Eimerkette von Eimerkettenbaggern oder der Ketten von Kettenförderern. Der T. wird meist als Vier-, Sechs- oder Achteck-T. ausgebildet. Nach der

Funktion unterscheidet man zwischen **Antriebs-turas, Umlenk-turas und Spann-turas**.

Turbidimetrie, → Nephelometrie.

Turbine, eine Kraftmaschine mit kreisender Bewegung des angetriebenen Teils. Man unterscheidet → Dampfturbinen, Gasturbinen (→ Gasturbinenanlage), → Wasserturbinen und Windturbinen (→ Windrad).

Turbinen-Luftstrahltriebwerk, → Luftstrahltriebwerk.

Turbinentreibstoffe, → Kraftstoffe.

Turbo..., sw. Kreisel..., Bezeichnung für alle Maschinen mit rotierender Hauptbewegung, z. B. Turbopumpe, Turboverdichter, Turbogebälde, Turbogenerator.

Turboantrieb, → Luftstrahltriebwerk.

Turbogebälde, → Gebälde.

Turbogenerator, eine Synchronvollpolmaschine (→ elektrische Maschine), die normalerweise von Dampf- oder Gasturbinen angetrieben wird.

Turbogetriebe, sw. → Strömungsbetriebe.

Turbolader, sw. Abgasturboanlage, → Aufladung.

Turbolöser, sw. → Stofflöser.

Turboplan, sw. → Hubstrahler.

Turboprop-Triebwerk, sw. → Propellerturbine.

Turbopumpen, → Pumpe, → Vakuumpumpe.

Turboverdichter, → Verdichter.

Turbulenz, allgemein der Zustand einer turbulenten Strömung, → Strömungslehre; in der Meteorologie ein makroskopischer Massenaustausch in der freien Atmosphäre, der durch ungeordnete, turbulente Bewegungen zustande kommt und sehr stark von der vertikalen Temperaturschichtung abhängt.

Turing-Maschine, ein gedachter → Rechenautomat mit einem Speicher, dessen Zellen jeweils nur ein Zeichen aufnehmen können, der aber unendlich viele Zellen enthält. Die elementaren (Rechen-) Operationen einer T.-M. gestatten nur sehr einfache Vorgänge einzuleiten, z. B. „Schreiben eines gewünschten Zeichens in die gewählte Speicherzelle“ und „Auswählen der nachfolgenden oder der vorausgehenden Speicherzelle“. Das Programm kann beliebig viele Befehle für derartige einfache Elementaroperationen enthalten. Jeder Einzelbefehl des Programms legt zugleich fest, welcher Befehl als nächster auszuführen ist, wobei es vom Inhalt der „gewählten Speicherzelle“ abhängen kann, welcher Befehl als nächster zur Abarbeitung gelangt. Jeder Befehl ist also ähnlich wie bei einer 5-Adreßmaschine ein bedingter Befehl.

Der heute als T.-M. bezeichnete Automat wurde 1937 (noch vor dem Bau der ersten Rechenautomaten) von dem englischen Mathematiker Turing erdacht, um den Begriff Verfahren genau zu präzisieren. Ein Ergebnis kann nach Turing mit Hilfe eines Verfahrens erzeugt werden, wenn es ein Programm zu der gegebenen T.-M. gibt, das dieses Ergebnis nach endlich vielen Schritten liefert. Alle anderen bekannten Versuche in derselben Richtung (Allgemein rekursive partielle Funktionen, Markowsche Algorithmen) haben bisher zum gleichen Begriff des Verfahrens geführt.

Lit. Steinbuch: Taschenb. der Nachrichtenverarbeitung (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962); Trachtenbrot: Wieso können Automaten rechnen? (dtsc Berlin 1959).

Türkis, Kallait, ein Mineral, $\text{CuAl}_2[(\text{OH})_2\text{PO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; triklin, blau bis blaugrün, Härte nach Mohs 5 bis 6, D. 2,6 bis 2,9 g cm⁻³. T. e. sind Edelsteine und werden als Schmucksteine verwendet. T. ist weltweit, jedoch nicht in großen Mengen verbreitet und findet sich auf Klüften stark zersetzter Gesteine, wie Trachyt und Porphyr.

Türkischrotöl, ein Gemisch von Produkten, die durch Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf Olein, Olivenöl und Rizinusöl ent-

stehen. T. hat seifenartigen Charakter ohne den Nachteil der Bildung von schwerlöslichen Kalksalzen. Es wird in der Textilindustrie sowie für pharmazeutische und kosmetische Zwecke verwendet.

Türkisgrün, → Kobalt.

Turmalin, eine Gruppe gesteinsbildender isomorpher Minerale, die chemisch sehr kompliziert und wechselnd zusammengesetzt sind. Im wesentlichen sind es Aluminiumborosilikate. T. bildet ditrigonal-pyramidale, lange oder gedrungene Prismen, bisweilen radialstrahlige Aggregate (*Turmalinsonnen*), infolge wechselnder Zusammensetzung verschieden gefärbt und danach benannt, Härte nach Mohs 7 bis 7,5, D. 3 bis 3,25 g cm⁻³. Als Varietäten unterscheidet man nach den Farben unter anderem den schwarzen **gemeinen T.** oder **Schörl** (verbreitetste Varietät), den roten **Rubellit**, den farblosen bis blaßgrünen **Achroit** (mit schwarzem Ende **Mohrenkopf** genannt). T. findet sich häufig in pegmatitischen Gängen als Kontaktmineral, in kristallinen Schiefen sowie in Seifen. Gemeiner T. ist weit verbreitet. Edelturmaline sind wertvolle Edelsteine, andere, größere werden wegen ihrer piezoelektrischen Eigenschaften in der Rundfunktechnik verwendet.

Turmteleskop, ein → astronomisches Instrument.

Turmtropfkörper, → Abwasser.

Turmverfahren, → Schwefelsäure.

Turnbulls Blau, → Berliner Blau.

Turnerit, svw. → Monazit.

Türöffner, eine Vorrichtung zur Fernbetätigung des Öffnungsmechanismus von Türen oder zum fernausgelösten Öffnen der Tür selbst. Bei Verwendung **elektrischer T.** enthalten die Türen ein normales Schloß, auf der Außenseite ohne Klinke. Das Schließblech im Türrahmen in Höhe der Schloßfalle ist um seine Längsachse federnd schwenkbar. Es wird bei geschlossener Tür von einem Riegel, dem Anker eines Elektromagneten, festgehalten, der beim Schließen des Stromkreises, was vom Inneren des Hauses her durch Knopfdruck geschieht, das Schließblech freigibt. Die Tür öffnet sich nun, wenn man dagegendrückt. Da der Elektromagnet mit Wechselstrom erregt wird, ertönt während der Entriegelungszeit ein lautes Summen. Elektrische T. sind oft mit einer Türsprechanlage (→ Wechselsprechanlage) kombiniert. **Pneumatische T.** werden vor allem in Fahrzeugen verwendet. Mit Druckluft wird eine Schiebe-, Dreh- oder Falltür gewöhnlich durch elektrische Auslösung geöffnet oder geschlossen. Bei **T.n mit Photozellen** wird parallel zur Tür ständig ein Infrarotlichtstrahl ausgesendet, der auf eine Photozelle fällt. Unterbricht der Körper eines Menschen den Strahlengang, so werden Kontakte ausgelöst, und ein elektrisch gesteuerter Motor betätigt (z. B. hydraulisch) den Öffnungsmechanismus der Tür.

Türsprechanlage, eine → Wechselsprechanlage.

Türstock, im Bergbau die allgemein übliche Form des Streckenausbaus. Der T. besteht aus zwei stehenden Stempeln aus Holz und einer quer darübergelegten Kappe aus Holz oder Stahl unter der First (Abb. → Strecke). Nach der Art der Verbindung von Kappe und Stempeln und deren schräger oder lotrechter Stellung unterscheidet man verschiedene Ausführungen des T.s. Der **Kappschuh** ist ein stählernes Verbindungsstück zwischen Holzstempeln und Stahlkappe, das deren Abgleiten verhindert.

Tuschieren, das Prüfen der Güte von feinstbearbeiteten, meist geschabten Oberflächen. In der Regel verwendet man sehr feine gußeiserne Tuschierplatten, die mit Tuschierpaste bestrichen und auf dem zu prüfenden Werkstück mehrfach hin- und herbewegt werden. Nach dem Abheben

der Platte erkennt man die Unebenheiten der Oberfläche an der verschieden großen Farbaufnahme. Die Vertiefungen bleiben hell, während die Erhöhungen dunkel gefärbt werden. Die höchsten Stellen, die die Tuschierplatte getragen haben, erscheinen grau.

TW, Kurzz. für Terawatt, → Watt.

TWh, Kurzz. für Terawattstunde, → Wattstunde.

Twin, → Verbrennungsmotor.

TWR, → Flugsicherung.

TW-Verkehr, svw. → Telexverkehr.

Tyndall-Effekt, svw. → Tyndall-Phänomen.

Tyndallometer, → Tyndall-Phänomen.

Tyndallometrie, → Nephelometrie.

Tyndall-Phänomen, **Tyndall-Effekt**, die 1869 von dem Physiker Tyndall entdeckte Erscheinung, daß gebündeltes Licht beim Durchgang durch ein trübes Medium (z. B. stark verdünnte Milch, Nebel, feiner Rauch) infolge Streuung von der Seite sichtbar ist. Durch genaue Untersuchung des Tyndall-Lichtes kann man auf Anzahl, Größe und Gestalt der Teilchen, z. B. in kolloidalen Lösungen, schließen.

Das **Tyndallometer** ist ein auf dem T.-P. beruhendes Gerät zum Messen des Staubgehaltes der Luft. Polarisiertes Licht wird in den Raum geschickt, und die an den Staubteilchen reflektierte Lichtmenge wird photometrisch bestimmt; ihre Größe ist ein Maß für den Staubgehalt.

typographischer Punkt, Kurzz. p, nicht gesetzliche, kleinste Einheit der Länge im typographischen Maßsystem. 1 p = 0,3759 mm. In typographischen P.en werden die → Schriftgrade sowie die Maße für Ausschluß, Durchschuß u. a. angegeben. Größere Abmessungen werden in → Cicero ausgedrückt; 12 typographische P.e = 1 Cicero.

Typung, ein Teilgebiet der Standardisierung, das die Festlegung von Art und Größe eines Arbeitsgegenstandes, Arbeitsmittels oder Erzeugnisses zum Gegenstand hat. Typen werden entweder aus einer nicht erforderlichen Vielfalt von Erscheinungsformen ausgewählt oder systematisch festgelegt, wobei häufig → Vorzugszahlen zugrunde gelegt werden. Ziel der T. ist die Vereinfachung, Verbilligung und Verbesserung der Produktion, Instandhaltung und Lagerhaltung durch die Beseitigung einer technisch und ökonomisch nicht gerechtfertigten Vielfalt mittels Festlegung des Produktionsprogramms auf die erforderliche Anzahl der Typen.

Tyr, Abk. für → Tyrosin.

Tyrosin, abg. **Tyr**, α-Amino-β-(p-hydroxyphenyl) propionsäure, HO—C₆H₄—CH₂CH(NH₂)COOH, eine Aminosäure, die in fast allen Eiweißstoffen enthalten ist. Medizinisch wird T. bei Störungen der Schilddrüsenaktivität angewendet.

u, 1) Kurzz. für atomphysikalische Masseinheit, → atomare Masseinheit. 2) u, Zeichen für den Momentanwert der → elektrischen Spannung.

U, 1) Kurzz. für → Umdrehung. 2) Symbol für → Uran. 3) U, Zeichen für → innere Energie. 4) U, Zeichen für Effektivwert und Gleichwert der → elektrischen Spannung.

U-Bahn, Abk. für → Untergrundbahn.

Überdruckkabine, svw. → Druckkabine.

Überführungszahl, → Hittorfsche Überführungszahl.

Übergangselemente, **Übergangsmetalle**, Elemente, die sich im Atomaufbau bei meist gleicher Außenelektronenzahl (2) dadurch unterscheiden,

daß eine innere Elektronenschale jeweils 1 Elektron mehr enthält als das vorhergehende Element. Die erste Reihe von \bar{U} im Periodensystem sind die Elemente Skandium (Ordnungszahl 21) bis Zink (30). Eine weitere Reihe von \bar{U} beginnt mit Yttrium (39) und endet bei Kadmium (48). Lanthan (57) eröffnet die dritte Reihe, die bei Quecksilber (80) endet. In dieser Reihe sind die Lanthanide (57 bis 71) enthalten. Zu den \bar{U} gehören ferner die Aktinide (ab 90), bei deren letzten Elementen die Elektronenzuordnung allerdings häufig nicht mehr eindeutig ist.

Alle \bar{U} treten in meist zwei oder mehr Wertigkeitsstufen auf. Außerdem zeichnen sie sich durch relativ kleine Atomradien aus, die unter anderem die Ursache für ihre teilweise sehr guten komplexbildenden Eigenschaften sind. Zahlreiche \bar{U} , z. B. Platin, Palladium und Nickel, weisen eine sehr gute katalytische Wirksamkeit auf.

Übergangsstück, → Formstück.

Überhitzen, 1) das Erwärmen von Stahl auf so hohe Temperatur, daß bei üblicher Haltedauer das Korn beträchtlich vergrößert wird. Die Kornvergrößerung kann durch Wärmebehandlung (Normalisieren, → Glühen) oder Verformen (Warmformen, z. B. Schmieden) wieder rückgängig gemacht werden.

2) die Wärmezufuhr an Wasserdampf über seine Sättigungstemperatur hinaus, z. B. im Überhitzer (→ Dampfkessel).

Überkopflader, eine → Lademaschine (Schaufellader) zum unstetigen (diskontinuierlichen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut, eine Abart des → Frontladers. \bar{U} sind mit einem angebauten Kübel (Schaufel) ausgerüstet. Das Entladen erfolgt hinter der Maschine in ein bereitgestelltes Fahrzeug oder (selten) auf Haufen durch Heben des Kübels über den Fahrersitz hinweg. \bar{U} haben gegenüber den Frontladern Vorteile beim Beladen auf räumlich begrenztem Territorium. Die Nachteile des erhöhten Maschinenaufwandes (aufwendiger Bau und aufwendige Wartung) und der geringeren Standsicherheit (Kippgefahr bei unebenem Gelände) bewirkten jedoch, daß sich \bar{U} nicht durchsetzen konnten.

Überlagerung, die Erscheinung, daß zwei Schwingungen verschiedener Frequenz einen Übertragungsweg durchlaufen, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Dies ist bei einem Übertragungsweg der Fall, in dem nur lineare Glieder (z. B. Widerstände) vorhanden sind. Bei Vorhandensein von nichtlinearen Gliedern im Übertragungsweg beeinflussen sich die Schwingungen gegenseitig (→ Mischung, → Modulation).

Überlagerungsempfänger, → Rundfunktechnik.

Überlandbahn, eine meist elektrisch betriebene Schienenbahn mit Straßenbahncharakter zur Bedienung des Personenverkehrs weit über die Grenzen eines Stadtgebietes hinaus, z. B. die Thüringerwaldbahn Gotha–Tabarz und die \bar{U} . Halle–Bad Dürrenberg. Durch den Einsatz neuer hochwertiger Triebwagen haben einzelne \bar{U} mehr den Charakter einer Stadtschnellbahn erhalten (z. B. Köln–Bonner Eisenbahn mit 120 km/h Höchstgeschwindigkeit außerhalb des Stadtgebietes).

Überlichtgeschwindigkeit, eine scheinbar die Lichtgeschwindigkeit übersteigende Geschwindigkeit. Mit \bar{U} breiten sich z. B. die Phasen der Materiewellen aus. Dies steht nicht im Widerspruch zu dem allgemeinen Gesetz der → Relativitätstheorie, nach dem die Lichtgeschwindigkeit die oberste Geschwindigkeitsgrenze ist, die überhaupt erreicht werden kann. Denn dieses Gesetz gilt nur für die Fortbewegung von Massen und für die Ausbreitung von Energie und nicht für die Phasengeschwindigkeit einer Welle, da die Phasengeschwindigkeit für den Energietransport nicht maßgebend ist.

Übermaß, bei einer → Passung der Maßunterschied der Paarungsteile, wenn vor dem Paaren das Innenteil größer ist als das Außenteil. \bar{U} kann als negatives → Spiel angesehen werden.

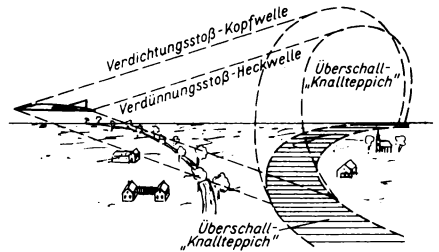
Übermikroskop, swv. → Elektronenmikroskop.

Überplattung, → Holzverbindungen.

Übersättigt, → Lösung, → Dampf.

Überschallgeschwindigkeit, → Überschallströmung.

Überschallknall, ein Knall, der entsteht bei der Bewegung eines Körpers mit einer Geschwindigkeit, die größer ist als die Schallgeschwindigkeit des Schalls des ihn umgebenden Mediums. Ist z. B. die Geschwindigkeit eines Flugzeuges größer als die Schallgeschwindigkeit der Luft (Machzahl > 1), so können die Luftteilchen dem Flugzeug nicht mehr rechtzeitig ausweichen, da sich eine Druckstörung nur mit Schallgeschwindigkeit fortbewegt. Um am Flugzeug vorbeizukommen, bleibt den Luftteilchen nur die Möglichkeit, sich zusammenzudrücken, um dann bei verringertem Volumen mit entsprechend geringerer Geschwindigkeit (mit Unterschallgeschwindigkeit) um das Flugzeug herumzuströmen. An den Vorderkanten des Flugzeuges entsteht ein → Verdichtungsstoß, an den Hinterkanten ein entsprechender Verdünnungsstoß. Diese Druckstörungen gelangen auch auf den Erdboden, wo sie als Knall empfunden werden. Die Größe der auf den Boden gelangenden Druckstörung hängt stark von der Flughöhe, weniger stark von der Fluggeschwindigkeit und der Größe des Flugzeuges ab. Bei in großer Höhe fliegenden Flugzeugen wird der \bar{U} als ferner Donner empfunden. Bei geringeren Höhen können Druckstörungen von 20 kp m^{-2} und mehr entstehen und zu Schäden an Gebäuden führen. Die seitliche Ausdehnung des auf die Erde gelangenden „Überschall-Knallteppichs“ kann bis zu 100 km betragen.



Entstehung des Überschallknalles. Der Überschall-Knallteppich läuft mit der Geschwindigkeit des Flugzeuges über die Erde.

Überschallströmung, eine Strömung mit Geschwindigkeiten, die größer als die Schallgeschwindigkeit des Mediums sind. In Luft beträgt die Schallgeschwindigkeit in Meereshöhe etwa 340 m s^{-1} . Mit **Überschallgeschwindigkeit** durch ruhende Luft bewegte Körper befinden sich ebenfalls in einer \bar{U} . Nach den Gesetzen der → Gasdynamik gehen von Körpern in einer \bar{U} Machsche Linien oder → Verdichtungsstöße aus. Mit Überschallgeschwindigkeit verlassen z. B. Geschosse den Lauf, und mit Überschallgeschwindigkeit bewegen sich Strahlflugzeuge und Flugkörper.

Bewegt sich ein Körper mit Überschallgeschwindigkeit, so entsteht der → Überschallknall. Bei besonders hoher Überschallgeschwindigkeit gelangen die Körper in einen Bereich starker Werkstoffverwärmung (→ Wärmemauer).

Überschiebung, eine flachfallende Verwerfung, bei der die Überschiebungsfläche weniger als 45° geneigt ist. Durch \bar{U} werden Erdkrustenteile auf andere auf- und z. T. darüber hinweggeschoben, so daß ältere Schichten auf jüngere zu liegen kommen. Man unterscheidet 1) **Falten-**

überschiebung, bei der infolge starker Pressung der Mittelschenkel der überkippten oder liegenden Falte so stark verlängert wird, daß sein Zusammenhang verlorengeht und der hangende Faltenteil über den liegenden hinweggeschoben wird, so daß eine **Überschiebungsfalte** entsteht; 2) **Schollenüberschiebung**, bei der durch seitlichen Druck eine Gesteinsscholle über eine andere geschoben wird; 3) **Deckenüberschiebung**, eine weitausgreifende Falten- oder Schollenüberschiebung, deren Schubweite viele Kilometer betragen kann. Die übergeschobene Scholle heißt **Überschiebungsdecke** (→ Decke).

Überschubleitung, → Halbleiter.

Überschwingweite, → Regelabweichung.

Übersetzung, in der Getriebelehre das Verhältnis der → Drehzahlen zweier Wellen, $i = n_1 : n_2$ (n_1 = Drehzahl der treibenden Welle, n_2 = Drehzahl der getriebenen Welle). Ist $i > 1$, so liegt eine Ü. ins Langsame vor; bei $i < 1$ tritt eine Ü. ins Schnelle ein. Bei Räder- und Riemengetrieben ist $i = d_2 : d_1$, falls kein Schlupf vorhanden ist (d = Raddurchmesser); bei Zahnrad- und Kettengetrieben, die immer schlupffrei arbeiten, ist $i = z_2 : z_1$ (z = Zähnezahl). **Kraftübersetzung** ist das Verhältnis Kraft zu Last oder Antriebskraft zu Abtriebskraft oder Antriebsdrehmoment zu Abtriebsdrehmoment. Bei Wirkungsgrad 1 ist das Verhältnis der Drehmomente gleich dem Kehrwert des Verhältnisses der Drehzahlen, also die Drehmomentübersetzung $M_1 : M_2 = n_2 : n_1 = 1/i$.

Übersetzungsmaschine, → Maschinenübersetzung.

Übersetzungsverhältnis, 1) → Übersetzung. 2) → Transformator.

Überspannung, 1) Chemie: irreversible Polarisation, die Erscheinung, daß zur Durchführung einer Elektrolyse eine um den Betrag η höhere Spannung erforderlich ist, als der berechneten Zersetzungsspannung entspricht. Die Größe der Ü. hängt ab von der Art und Konzentration des Elektrolyten, von Art und Oberflächenbeschaffenheit des Elektrodenmaterials, von der Stromdichte (Stromstärke/Elektrodenfläche), von Druck und Temperatur sowie der verwendeten Meßmethode.

2) Elektrotechnik: die in elektrischen Geräten, Leitungen und elektrischen Bahnen auftretenden Spannungsspitzen, die die Betriebsspannung weit übersteigen. Sie entstehen durch plötzliche Belastungsveränderungen (Schaltvorgänge) oder atmosphärische Entladungen auf Grund von Resonanzerscheinungen (Blitz einschlag) in den als Schwingkreise wirkenden Leitersystemen. Die Ü.en können große Schäden anrichten, indem sie Isolierungen durchschlagen und damit zerstören. Als Schutz dienen Dämpfungswiderstände und Sicherheitsfunkenstrecken, z. B. → Hörnerableiter, → Katodenfallableiter, Vorkontaktschalter, bei denen das Gerät über einen Widerstand eingeschaltet wird, Schutzringe und Schutzkreuze an den Ketten- oder Stabisolatoren von Fernleitungen zum Schutz gegen Lichtbogeneinwirkung, → Erdseile in Hochspannungsnetzen.

Längs der Leitungen sich wellenartig fortplanzende Spannungsspitzen nennt man → Wanderwellen.

Übersprechen, → Fernmeldekabel.

Übersteuerung, 1) → Aussteuerung, 2) → Schräglauf.

Überstrahlung, svw. → Irradiation.

Übertrager, ein → Transformator für die Schwachstromtechnik.

Übertragungsfaktor, die Wurzel aus dem Verhältnis von Strom mal Spannung am Eingang zu den entsprechenden Werten am Ausgang eines elektrischen Systems. Er kennzeichnet die Über-

tragungseigenschaften des Systems. Der Ü. setzt sich aus einem Anteil für den Energieverlust und einem Anteil für die Phasendrehung bzw. die Laufzeit zusammen.

Je nach Wahl der Abschlußwiderstände unterscheidet man **Wellen-** bzw. **Betriebs-Übertragungsfaktor**.

Übertragungsfunktion, ein in der System- und Regelungstheorie verwendeter komplexer Ausdruck, der je nach den Bedingungen bei Konstruktion und Analyse von (Regel-) Systemen angewendet wird. Durch die Ü. wird die funktionale Beziehung zwischen Input x_e und Output x_a beschrieben, so daß sie eine Systemcharakteristik ermöglicht. Sie erlaubt das Übertragungsverhalten sowohl der einzelnen Elemente (Blöcke) als auch des Gesamtsystems. Unter Anwendung der Laplace-Transformation erhält man für den komplexen Ausdruck der Ü. F folgenden einfacheren Ausdruck: $F = \frac{L(x_a)}{L(x_e)}$. Mit

der Anwendung der System- und Regelungstheorie auf außertechnische Systeme (z. B. ökonomische) kommt auch der Ü. eine wichtige Bedeutung zu.

Übertragungsglied, in der Getriebelehre jedes Glied, das weder Antriebsglied noch Abtriebsglied eines Getriebes ist. Bei Getrieben der Viergelenkkette ist die Koppel das Ü. Ein Ü. kann nie mit dem Gestell verbunden sein.

Überzeiten, das zu lange Halten eines Stahles auf Wärmebehandlungstemperatur. Es führt zu einer Schädigung des Werkstoffs, meist durch Kornvergrößerung.

U-Boot, Abk. für → Unterseeboot.

Udex-Verfahren, → Solventextraktion.

ÜFB, → Kurzwellen.

U/h, Kurz. für Umdrehung/Stunde, → Umdrehung.

UHF, Abk. für Ultra High Frequency, → Frequenz.

Uhr, ein Gerät zur Zeitmessung. Fast alle modernen U.en sind Räderuhren, die gleich lang dauernde (isochrone) Schwingungen erzeugen und deren Ablauf auf einem Zifferblatt mittels Zeiger anzeigen. Nach den Gehäuse- bzw. Zifferblattabmessungen unterscheidet man **Kleinuhren** (Armbanduhren, Taschenuhren, Wecker u. a.) und **Großuhren** (z. B. Turmuhr). Nach der Antriebsart unterteilt man in mechanische und elektrische U.en.

1) **Mechanische U.en**. Im einfachsten Fall besteht das Werk einer mechanischen U. aus Antrieb, Räderwerk, Hemmung, Schwingssystem und Zeigerwerk; mit dem Räderwerk bzw. Zeigerwerk kann ein Schlagwerk u. a. gekoppelt sein. a) Der **Antrieb** erhält seine Energie durch ein gehobenes Gewicht (nur bei ortsfesten U.en) oder durch eine gespannte Zugfeder, die das Räderwerk in Bewegung setzen. Die Zugfeder, eine gewundene Biegefeder mit rechteckigem Querschnitt, ist im Federhaus angeordnet, einer Trommel mit Zahnkranz. Die Zugfeder ist als Texturstahlfeder oder als rostfreie Legierungsfeder nahezu unzerbrechlich. Das Spannen der Zugfeder in Taschen- und Armbanduhren geschieht bei Handaufzuguhrn gewöhnlich durch Drehen der Krone von Hand, durch die auch das Stellen der Zeiger erfolgt; bei Selbstaufzugarmbanduhren erfolgt das Spannen der Zugfeder automatisch durch die natürlichen Armbewegungen mittels eines Rotors, eines etwa halbkreisförmigen Pendels, das um entsprechende Winkelbeträge schwingen oder auch rotieren kann. Meist werden die Bewegungen des Rotors um seine Achse unabhängig von der Richtung zum Aufzug über ein Übersetzungsgetriebe genutzt (**Automatic-Uhr**). b) Das **Räderwerk (Laufwerk)** überträgt die Energie des Antriebes über die

Hemmung auf das Schwingssystem (Pendel oder Unruh) und das Zeigerwerk. Die Verzahnung der Räder und Triebe (kleine Räder) ist meist eine angenäherte Zykloidenverzahnung (\rightarrow Zykloide), ihre Lagerung erfolgt in hartem Messing oder in Steinen. Mit dem Räderwerk der U. sind oft noch andere Werke gekoppelt, z. B. Weckwerk, Kalenderwerk (s. u.). c) Die Übertragung der Drehbewegung des Räderwerkes auf das Schwingssystem erfolgt durch ein Schaltwerk, die *Hemmung*. Die heute am meisten gebräuchlichen Hemmungen sind die Ankerhemmung und die Chronometerhemmung (freie Hemmungen). Zylinder-, Haken- und Grahamhemmung werden immer seltener. Bei der Ankerhemmung greift ein vom Schwingssystem gesteuerter Anker mit zwei Paletten oder Stiften in das Ankerrad (Hemmungsräder). Wird der Anker umgeschaltet, kann der gehemmte Zahn durchschlüpfen, wobei er die Energie über Palette oder Stift und Anker gabel an das Schwingssystem weitergibt. Auf der anderen Seite fällt nun ein Zahn des Ankerrades auf die andere Palette oder den Stift auf, usw. d) Als *Schwingssystem* (*Gangordnung*) dient bei größeren ortsfesten U. ein gewöhnlich das \rightarrow Pendel (*Pendeluhr*), bei tragbaren U. und Weckern die Unruh, ein ausgewuchteter Metallreifen mit einer an der Unruhwelle und dem Unruhkolben befestigten Spirale (Spiralfeder). Die Unruh wirkt wie ein Schwungrad, und die Spirale speichert Energie auf, die sie beim Zurückschwingen wieder abgibt. Der Unruhschwinger ist weitgehend isochron, aber empfindlich gegen äußere Störungen. Einflüsse durch Temperaturschwankungen auf die Schwingungsdauer werden durch konstruktive und metallurgische Vorkehrungen weitgehend kompensiert. Um die Bruchgefahr der Unruhwellenenden (Durchmesser des Zapfens etwa 0,09 mm) zu vermeiden, werden deren Lagerstellen (Steine) in federnde Fassungen gebracht. Bei Stößen weichen die Lagerelemente aus, und stabile Wellen- und Gestellteile treffen aufeinander.

Lagerstellen, Ankerpalettensteine und Ellipsenstein der Unruh, ferner die Justiersteine in elektrischen Armbanduhren bestehen bei tragbaren Qualitätsuhren aus synthetischem Rubin. Die Härte der Steine erhält die präzise Form dieser Bauteile, und durch ihre gute Politur sichern sie geringe Reibung und unterliegen wenig Verschleiß an Lagerstellen.

2) **Elektrische U.** en werden eingeteilt in Zentraluhranlagen, elektrische Großuhren, elektrische Armbanduhren, Synchronuhren und elektronische U. en. Bei **Zentraluhranlagen** werden beliebig viele Nebenuhren (Schrittschaltwerke mit Zeiger) durch eine sehr genau gehende Normaluhr, die Haupt- oder Mutteruhr (elektromechanische U. oder Quarzuhr mit Impulsgeber), elektromagnetisch weitergeschaltet. Hierzu gehören Bahnhofsuhr, Betriebsuhren u. a. Als **elektrische Großuhren** werden elektromechanische Einzeluhren bezeichnet. Wenn sie mit Motor- oder Klappankeraufzug (Relaisaufzug) versehen sind, erhalten sie in annähernd gleichen Intervallen über einen sich mit dem ablaufenden Räderwerk schließenden Kontakt die Stromzufuhr. Elektromechanische Einzeluhren mit Unruhmotor funktionieren ähnlich wie elektromechanische Armbanduhren. Die Stromaufnahmen sind so gering, daß über die Gangdauer in erster Linie oft nicht die Kapazität, sondern die Lagerfähigkeit einer hier als Energiequelle dienenden \rightarrow Monozelle entscheidet. Als **elektrische Armbanduhren** werden elektromechanische Systeme bezeichnet. Meist werden elektromechanische Armbanduhren mit kontaktgeschaltetem Unruhmotor (Unruhschwinger) hergestellt. Hierbei wird in einer einseitig in der Unruh befestigten Spule (Drahtdicke etwa 12 bis 15 μ m) ein

magnetisches Feld aufgebaut, das den Feldlinien entsprechend anfangs von zwei starken, darunter befestigten permanenten Magneten angezogen und dann länger abgestoßen wird. Mit der Unruhschwingung wird, entweder durch ein Kontaktschaltrad oder auch durch die Unruh selbst gesteuert, der Stromkreis wieder unterbrochen, und die Unruh schwingt in ihrer Richtung frei weiter, bis die gespeicherte Energie der Spirale ihren Umkehrpunkt bestimmt. Ein anderes System stellt die elektromechanische Armbanduhr mit Transistorschaltung dar (oft fälschlich als elektronische Armbanduhr bezeichnet). Dabei werden eine Unruh, meist jedoch zwei elastisch gekoppelte, in Gegenphase schwingende Biegeschwinger (Stimmgabel) mit einer Frequenz von etwa 300 Hz über einen Transistor gesteuert. Elektrische Armbanduhren erhalten ihre Energie von \rightarrow Knopfzellen. Das Schwingssystem hat Steuer- und Arbeitsspulen. Durch die in der Steuerspule (Rückkopplungswicklung) induzierte Spannung wird die Emitter-Basis-Strecke des Transistors während etwa 25 % der Periodendauer leitend. Während dieser Zeitspanne ist die Emitter-Kollektor-Strecke im gesättigten Zustand. Ein Kondensator und der Widerstand dienen zur automatischen Erzeugung der Emitter-Basis-Sperrspannung. Frequenzgesteuerte U. en sind die **Synchronuhren**. Sie benötigen kein Schwingungssystem, da die Drehzahl des Motors mit der Frequenz des Wechselstroms übereinstimmt. Solche U. en werden über eine Steckdose an das Lichtnetz angeschlossen. Da sie beim Wegbleiben des Stromes stehenbleiben würden, sind sie meist mit Gangreserven ausgerüstet. Nach dem gleichen Prinzip sind die verschiedenartigsten Schaltuhren gebaut. Bei **elektronischen U. en** wird die Frequenz durch piezoelektrische Schwingungen eines Kristalls (bei der \rightarrow Quarzuhr) geregelt oder durch Molekülschwingungen gesteuert (bei der \rightarrow Atomuhr).

Die Ganggenauigkeit, d. h. die größte Zeitabweichung, beträgt bei astronomischen Pendeluhrten etwa $1/10$ s/d (Sekunde je Tag), bei einfachen Gebrauchs-, Taschen- und Armbanduhren etwa $+3$ bis -2 min/d, bei elektrischen und Automatic-Armbanduhren mittlerer Qualität etwa ± 30 s/d und bei mechanischen Sechronometern etwa 1,5 s/d.

U. en für Sonderzwecke. Beim **Wecker** wird zur vorher eingestellten Zeit ein Weckwerk (Signalwerk) ausgelöst, d. h., es wird ein Weckhammer freigegeben, der mittels Ankers von einer gespannten Zugfeder über ein Räderwerk in Bewegung versetzt wird. Beim elektrischen Wecker dient als Energiequelle eine Monozelle. Der Weckton kann hier auch über einen Summier erzeugt werden. Mechanische und elektromechanische Repetierwecker wiederholen die Wecksignale, z. T. mit zunehmender Lautstärke oder Dauer. Es gibt auch Armbanduhren mit Weckwerk. Der **Kurzzeitwecker** (**Kurzzeitmesser**) hat meist eine Meßzeit von 60 Minuten. Aufziehen und Einstellen auf einen Teilstrich, der die Minuten angibt, erfolgt oft mit demselben Knebel. Beim Kombinationswecker sind Lang- und Kurzzeitwecker auf einem Grundwerk aufgebaut. Nach Umschalten von Zahnradengriffen, was am Weckzeigerstellknopf geschieht, kann die WeckEinstellung entweder auf dem Normal- oder auf dem Kurzzeitweckerzifferblatt erfolgen. Bei der **Belichtungsuhr** für die Dunkelkammerarbeit ist mit der Kurzzeitmessung ein Schaltwerk verbunden, das das Ein- und Ausschalten des Kopier- oder Vergrößerungslichtes bewirkt. Bei der **Schachuhr** sind zwei meist unabhängige Uhrwerke in einem Gehäuse so vereint, daß mit dem Einschalten der einen U. das Stoppen der anderen U. verbunden ist. Über dem Zifferblatt angeordnete bewegliche Hebel (Fahnen) werden

vom Minutenzeiger angehoben und fallen ab, wenn der Zeiger die volle Stunde abschließt. Das eingeschaltete Uhrwerk ist gekennzeichnet durch einen sich drehenden Stern. Bei **Datumuhren** (z. B. Armbanduhr) wird der jeweilige Tag mittels eines geschalteten Datumringes unter dem Zifferblatt durch ein Fenster sichtbar. Das Schalten erfolgt alle 24 Stunden. Wenn Datumuhren auch auf die Anzeige von Monaten erweitert sind, wird nach 31 bzw. 30 oder 28 Tagen weitergeschaltet. Weitere Sonderuhren sind Stoppuhr, → Chronograph, → Chronometer, → Parkuhr, → Weltzeituhr u. a.

Lit. Brepohl u. Koch: Schmuck und U. en (Leipzig 1966); Jendritzki: Der moderne Uhrmacher (2. Aufl. Lausanne 1962); Jungk u. Gansert: Der rechnende Uhrmacher (Halle 1958); Koch: Uhrmacherlehre. (Halle 1959); Lehotzky: Mechanische U. en, 2 Bde, Wien, Heidelberg, Bd 1 3. Aufl. 1960, Bd 2 3. Aufl. 1961; F. Schmidt: Elektrische U. en (Halle 1957); Touchet: Praktischer Leitfaden der elektrischen und elektronischen Uhrentechnik (dtsh Paris 1964); Ztschr. U. en und Schmuck (Berlin).

UKW, Abk. für → Ultrakurzwellen.

Ulrichsche Kugel, ein Gerät, das es ermöglicht, den Gesamtlichtstrom (→ Lichtstrom) einer Lichtquelle mit einer einzigen Messung zu erfassen. Sie besteht aus einem kugelförmigen, auf der Innenfläche mit einem gut diffus reflektierenden weißen Farbanstrich versehenen Hohlraum, in dem die zu messende Lichtquelle untergebracht wird. An einer Seite befindet sich ein meist mit einer Streuglasscheibe abgeschlossenes Meßfenster. Damit das Fenster nicht direkt, sondern nur vom reflektierten Licht getroffen wird, ist die Lichtquelle in seiner Richtung mit einem Blech (Schatter) abgedeckt. Die durch die vielfache Reflexion des in dem Hohlraum hin- und hergeworfenen Lichts entstehende Beleuchtungsstärke auf dem Meßfenster ist dem Gesamtlichtstrom der Lichtquelle proportional und kann mit jedem normalen Photometer (→ Photometrie) gemessen werden.

Ultrahochvakuum, → Vakuum.

Ultrakurzwellen, abg. UKW, elektromagnetische Schwingungen, im weiteren Sinne mit einem Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz, das entspricht einer Wellenlänge von 1 bis 10 m. Im engeren Sinne versteht man unter dem UKW-Bereich für Tonrundfunkzwecke die Frequenzen zwischen 87,5 und 100 MHz (Wellenlänge 3 bis 3,4 m). U. breiten sich in geradliniger direkter Strahlung aus, ihr Verhalten wird als „quasioptisch“ bezeichnet. Infolge gewisser Beugung ist die Reichweite etwas größer als die optische Sicht. Bei bestimmten abnormalen Schichtungen in der Atmosphäre können auch Überreichweiten (*Inversionen*) auftreten. Fadingähnliche Erscheinungen beruhen bei U. innerhalb der optischen Sicht auf Laufzeitdifferenzen zwischen direkt vom Sender kommenden und unterwegs reflektierten Wellenzügen. Atmosphärische Störungen sind im UKW-Bereich vernachlässigbar, typisch sind Zündstörungen von Ottomotoren. Wegen der beschränkten Reichweite werden die U. vor allem für Tonrundfunk hoher Qualität, Fernsehgrundfunk, Richtfunk und Navigation angewandt.

Ultramarin, ein wichtiges Pigment, chemisch ein Natriumaluminumsilikat. U. ist meist blau, aber auch grün, rot oder violett gefärbt. In der Natur kommt es als Lasurit (Lasurstein) vor. U. wird verwendet als Öl- und Wasserfarbe, für Buntpapier- und Tapetendruck, für Kautschukwaren und Kunstharze, zum Bläuen von Wäsche, Federn, Zucker sowie als Sonnenschutzfarbe auf Glasfenstern.

Ultrametamorphose, Gesteinsumwandlung, die über die normale Metamorphose hinausgeht und zur Bildung von metamorphen Gesteinen mit tiefgesteinsähnlichem Charakter führt.

Die Umwandlung erfolgt auf dem Wege der → Metablase oder der → Metatexis, bei der Teilschmelzen im Gestein auftreten. Die Metatexis liefert *Migmatite* (*Mischgesteine*), die inhomogen erscheinen, da der Teil des Gesteins, der schmelzflüssig war, aus den hellen Mineralen Quarz und Feldspat besteht und sich in mehr oder weniger deutlicher Form von dem nicht aufgeschmolzenen Teil, der vorwiegend dunkle Minerale (Biotit, Hornblende, Pyroxen) enthält, getrennt haben kann. Die U. führt im Extrem zur Bildung eines palingenen Magmas (über die Vorstufe des inhomogenen Migmas), und zwar vorwiegend von granitischer bis granodioritischer Zusammensetzung, weil diese die niedrigste Schmelztemperatur besitzt. Die Erstarrungsprodukte des palingenen Magmas werden nicht zu den metamorphen, sondern zu den Eruptivgesteinen gerechnet.

Ultrarot, svw. → Infrarot.

Ultrarotspektroskopie, svw. → Infrarotspektroskopie.

Ultraschall, abg. US, Schallwellen mit Frequenzen höher als 20 kHz (Kilohertz), also oberhalb der Hörbarkeitsgrenze des menschlichen Ohres. Tiere (Hunde, Fledermäuse) können noch Frequenzen bis etwa 100 kHz wahrnehmen. Die höchsten erreichbaren US-Frequenzen liegen bei etwa 1000 MHz (Megahertz), technisch angewendet wird jedoch nur der Bereich von 20 kHz bis 10 MHz. US-Wellen können sich nur in Medien (Gas, Flüssigkeit, Festkörper) ausbreiten. Die Absorption in Gasen ist sehr hoch, die Erzeugung und Fortleitung oberhalb 100 kHz erfolgt deshalb praktisch nur in Flüssigkeiten und Festkörpern. Die Wellenlänge von US-Wellen in Wasser beträgt bei 100 kHz 15 mm, bei 10 MHz 0,15 mm; die Ausbreitung des U.s in Wasser erfolgt deshalb unter ähnlichen Bedingungen wie bei Licht mit den bekannten Effekten (Beugung, Brechung, Reflexion).

Reflexion tritt an Grenzflächen mit stark unterschiedlicher Schallkennimpedanz (Produkt aus Schallgeschwindigkeit und Dichte) der aneinandergrenzenden Medien auf (dünne Luftschichten in Flüssigkeiten oder Festkörpern ergeben vollständige Reflexion). Aus der Kurzwelligkeit und den damit verbundenen Ausbreitungsverhältnissen ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten der Anwendung von U., zum Beispiel → Ultraschallortung, → Ultraschallwerkstoffprüfung (Tafel 30) und Ultraschalldiagnostik (→ Ultraschalltherapie und -diagnostik). Ein weiteres Charakteristikum des U.s als Longitudinalwelle ist trotz kleiner Schwingungssamplituden (Bruchteile eines Millimeters) das Auftreten von Wechseldrücken mit mehreren Atmosphären sowie die Möglichkeit zur Erzielung von Schallstärken bis zu 10 W/cm² (Watt/Quadratzentimeter) bei üblichen Ultraschallgeneratoren und bis zu 1000 W/cm² bei Anwendung von schallfokussierenden Einrichtungen.

Die maximalen Schallstärken im Bereich des Hörschalles (Schmerzgrenze des Gehörs) liegen bei nur 10⁻⁴ W/cm². Ultraschallenergie bewirkt thermische, mechanische (Kavitation), chemische und biologische Effekte, auf denen z. B. die Anwendungen von U. in der Chemie (Emulgieren, Dispergieren, Entgasen, Entstauben), in der metallverarbeitenden Industrie, z. B. Ultraschallschweißen (Tafel 30, → Schweißen), Ultraschallbohren (→ Bohren) und → Ultraschallreinigen, sowie in der Medizin (→ Ultraschalltherapie und -diagnostik) beruhen. Bei den Anwendungen der Ultraschallenergie sind in jedem Falle die hohen Aufwendungen für Geräte und Betrieb zu berücksichtigen, die eine ökonomische Verwendung im allgemeinen nur bei spezifisch hochwertigen Objekten, nicht jedoch bei billigen Massengütern rechtfertigen.

Zur Erzeugung von U. werden mechanische und elektrische **Ultraschallgeneratoren** verwendet. 1) Mechanische Ultraschallgeneratoren sind Stimmgabeln, spezielle Pfeifenanordnungen (Galtonpfeife) sowie statische und rotierende Sirenen; sie eignen sich nur für den Bereich von 20 bis 100 kHz in Gasen und unter Umständen in Flüssigkeiten. Wirksame Schallstärken bei wirtschaftlich vertretbarem Wirkungsgrad in Gasen werden nur mit Ultraschallsirenen erreicht. 2) Elektrische Ultraschallgeneratoren bestehen aus einem elektrischen Hochfrequenzgenerator zur Umformung der im Netz entnommenen Energie und aus dem angeschlossenen elektroakustischen Wandler. Als Hochfrequenzgeneratoren haben sich im Bereich von etwa 20 kHz bei Leistungen bis zu 20 kW Maschinenumformer (Wirkungsgrad 50%) bewährt. Verbreitete Anwendung finden für den gesamten Frequenzbereich gleichstrombetriebene Röhrengeneratoren, meist aus ökonomischen Gründen in Selbst-erregungsschaltung. Die elektroakustischen Wandler (Schwinger) bestehen aus elektromechanisch aktiven Stoffen, die im magnetischen Wechselfeld (magnetostriktiver bzw. piezomagnetischer Effekt) oder im elektrischen Wechselfeld (elektrostriktiver bzw. piezoelektrischer Effekt) Schwingungen auf Grund periodischer Längen- oder Dickenänderungen im Rhythmus der Frequenz des anregenden Feldes ausführen. Die Anregung erfolgt zur Erzielung ausreichend hoher Schwingungsamplituden und damit großer Schallstärken in Resonanz, d. h., die Frequenz des

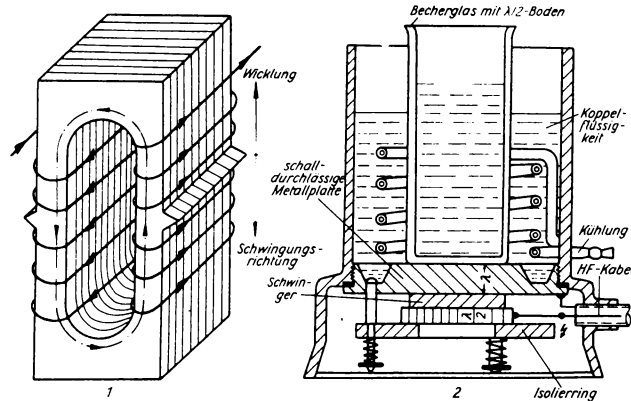
Titanat. Piezoelektrische Schwinger aus keramischen Massen zeichnen sich durch niedrige Anregungsspannungen (um 100 V) aus, außerdem können sie in beliebiger Form (auch Rohre und Kalotten mit schall-fokussierender Wirkung) hergestellt werden. Besondere Beschallungseinrichtungen, z. B. *Schwingwannen* und *Schalltöpfe* (Abb. 2) mit angeflanschten Schwingern oder Durchlaufküvetten und Rohrschwinger, ermöglichen die günstigste Beschallung von Teilen oder Flüssigkeitsmengen. Bei Schalltöpfen wird die zu beschallende Flüssigkeit in ein Becherglas mit einem schalldurchlässigen Boden (Stärke $\frac{1}{2}$ Wellenlänge $\approx \lambda/2$) gebracht. Die Wasserkühlung sorgt für die Abführung der entstehenden Wärme. *Schallköpfe*, in denen die Schwinger gekapselt sind, dienen z. B. zur Beschallung des menschlichen Körpers in der Medizin oder der Prüflinge bei der Materialuntersuchung. Bei Einstrahlung in Festkörper muß der Schwinger in jedem Falle über einen Flüssigkeitsfilm gekoppelt werden, da Luftschichten den Schallübergang grundsätzlich verhindern.

Der Nachweis des U.s geschieht a) elektrisch durch Piezoquarz-mikrophone, b) mechanisch durch Schallradiometer, c) optisch durch die Schlierenmethode, d) durch Wirkung des Schallgleichdrucks auf Grenzflächen des Schallmediums (Sprudel an der Oberfläche von Flüssigkeiten) oder durch die Wärmeerzeugung infolge Absorption.

Lit. Bergmann: Der U. (Stuttgart 1954); Krautkrämer: Werkstoffprüfung mit U. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1981); Mataushek: Einführung in die Ultraschalltechnik (2. Aufl. Berlin 1962); Wiedau u. Röher: U. in der Medizin (Dresden und Leipzig 1983); Handb. medizinischer Elektronik, Bd 2 (Berlin 1964).

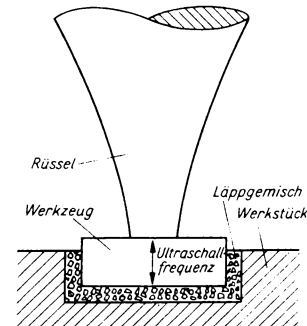
Ultraschallbohren, Stoßlappen, Schwinglappen, ein spanendes Feinbearbeitungsverfahren mit einem Lösung, in einer Flüssigkeit oder Paste gleichmäßig verteilten Korn, das durch ein hochfrequenzschwingendes Formstück Impulse erhält und auf die Werkstückoberfläche geschleudert wird. Das Formstück (Werkzeug) wird mit Ultraschall (etwa 20 kHz) erregt und überträgt die Impulse auf das Läppmittel. Als Läppkorn werden Borkarbid, Diamantstaub, Siliziumkarbid und Korund verwendet. Die Läppflüssigkeit (Wasser mit Zusatz eines Korrosionsschutzmittels) dient zum Fortspülen der Späne. Die zum U. verwendete *Stoßlappmaschine* ist mit einem *Schallkopf* ausgerüstet, in dem sich ein magnetostriktiver *Schwinger* aus einer Sonderlegierung befindet. An diesem wird durch Schraubverbindung der *Rüssel* angeschraubt, an dem das Werkzeug aus verschleißfestem Material (z. B. Chromnickelstahl) hart angelötet ist. Das U. wird für besonders spröde Werkstoffe eingesetzt, z. B. Glas, Keramik, Halbleiterkristalle.

Lit. Mataushek: Einführung in die Ultraschalltechnik (2. Aufl. Berlin 1962).



1 Piezomagnetischer Flachsinger. 2 Schalltopf mit piezoelektrischem Schwinger und gekoppelten λ - bzw. $\lambda/2$ starken, schalldurchlässigen Metallplatten (λ = Wellenlänge)

elektrischen Feldes stimmt mit der Eigenschwingung (Grundschiwingung oder für höhere Frequenzen Oberschwingung) des Längs- oder Dickschwingers überein. Frequenzgetreuer Betrieb in Resonanz ist nur mit piezomagnetischen (vormagnetisierten oder permanentmagnetischen magnetostriktiven Stoffen) oder piezoelektrischen Schwingern möglich. Für piezomagnetische Schwinger sind Nickel, Nickel-Eisen-Legierungen und Eisen-Aluminium-Legierungen sowie nicht-metallische Ferrite geeignet. Die metallischen Schwinger (Abb. 1) werden aus dünnen Blechen in Paketen mit geschlossenem magnetischem Kreis (ähnlich Transformatoren) aufgebaut und strahlen den Schall von ihren Endflächen ab. Sie werden als Längs- oder Ringschwinger (Stäbe oder Ringe) für Frequenzen von 10 bis 100 kHz oder als Dickschwinger (Platten) für 100 kHz bis 10 MHz ausgeführt und bestanden früher ausschließlich aus Quarz (Anregungsspannung über 1 kV); heute werden keramische Massen verwendet, z. B. Blei-Barium-Titanat oder Blei-Zirkonat-



Prinzip des Ultraschallbohrens (Stoßlappen)

Ultraschallecholot, → Ultraschallortung.

Ultraschallortung, die Suche und die Lokalisierung von Objekten sowie die Entfernungsbestimmung an Hand von Laufzeitmessungen gerichteter und vom Objekt reflektierter Ultraschallimpulse (Schallabgang bis Echoeingang). Die U. wird zur Ortung von schwimmenden und getauchten Wasserfahrzeugen (Unterseeboote), Wracks und sonstigen Unterwasserhindernissen sowie von Fischvorkommen, zur Wassertiefenbestimmung sowie zur Entfernungsbestimmung angewendet.

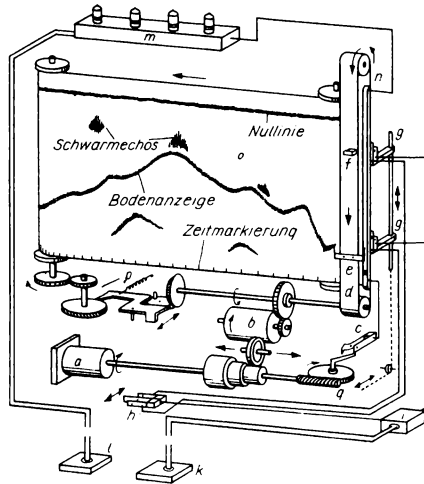
Ultraschall-Ortungsanlagen (Ultraschallechote) arbeiten auf folgender Grundlage: Ein Elektromotor mit konstanter Drehzahl schließt mit gleichbleibender Frequenz (bis zu 150 Kontakte/min) einen Kontakt, der einen Kondensator über eine Spule entlädt. Die Spule ist in einem magnetostruktiven Schwinger gelagert, der mit der doppelten Frequenz des Schwingkreises (20 bis 80 Kilohertz) arbeitet und den Ultraschallimpuls (Dauer 1 bis 5 Millisekunden) an das Wasser abgibt, in dem er sich mit etwa 1500 m/s fortpflanzt. Der Kontakt liegt in einer zeitlichen Ebene mit einer Zeitmeßbasis, die das empfangene, in einen verstärkten elektrischen Impuls umgewandelte Echo registriert und so die Zeitdifferenz zwischen Schallabgang und Echoeingang ermittelt. Die Entfernung des

Objektes s ergibt sich nach $s = \frac{v \cdot t}{2}$ (v = Schallgeschwindigkeit in m/s, t = Laufzeit des Impulses in s). Die Anzeige ist weitgehend dem vorgesehenen Anwendungsgebiet angepaßt.

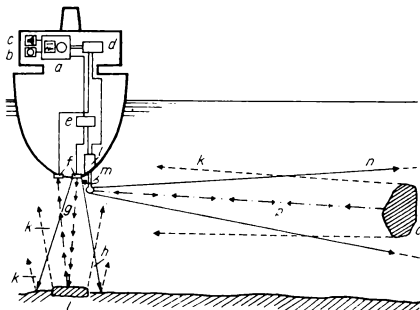
Man unterscheidet bei der U. zwischen Vertikal- und Horizontalortung (Abb. 1). 1) Bei der **Vertikalortung** (abg. V-Ortung) wird der Ultraschallimpuls senkrecht nach unten abgestrahlt und ermittelt den Abstand Kiel — Grund sowie die Lage von Objekten (Wracks, Fische u. dgl.) in diesem Raum. Eine Analyse des Objektcharakters ist in begrenztem Umfange möglich. Bei Frequenzen zwischen 30 und 80 kHz (Kilohertz), Impulslängen von etwa 1 ms (Millisekunde) und abgestrahlten Leistungen von 0,2 bis 1 kW (Kilowatt) ergeben sich Reichweiten bis zu 1500 m für Tiefenmessung und bis zu 800 m für die Fischsuche. 2) Bei der **Horizontalortung** (abg. H-Ortung) wird der Ultraschallimpuls zur Suche von Objekten im Freiwasser (z. B. Unterseeboote, Fische) horizontal abgestrahlt. Der Schwinger kann automatisch oder von Hand um die Vertikalachse (von 150° Backbord bis 150° Steuerbord), bei modernen Geräten auch um die

Horizontalachse (von 0° bis 90°) geschwenkt werden (die Geräte arbeiten dann als Vertikalort). Bei Frequenzen von etwa 20 kHz, Impulslängen von etwa 15 ms und Leistungen von mehr als 1 kW beträgt die Reichweite für die Fischortung bis zu 2 km, reflexionsintensivere Objekte (z. B. U-Boote) sind bis zu 4 km ortbar. Für die Ortung meeresbodennaher Objekte ist die Horizontalortung nur bedingt verwendbar.

Ultraschallechote werden in drei vielfach miteinander kombinierten Grundformen verwendet. 1) Das **Navigationslot** wird für die reine Tiefenmessung (Navigation) verwendet. Es hat Moment-Lichtmarkenanzeige und ist meist für zwei Bereiche (z. B. 0 bis 100 und 0 bis 1200 m) umschaltbar eingerichtet. 2) Der **Echograph** (Abb. 2) ist eine für die Entfernungs- und Tiefenmessung sowie für die vertikale und horizontale Fischortung geeignete Anlage (Tafel 12). Die Einzelanzeigen werden nebeneinander auf einem Spezialpapier elektrisch (Abbrennen der weißen Deckschicht mittels Funkendurchschlags) oder chemisch (Schwärzung eines Kaliumjodid-Papiers) registriert und ergeben ein dauerhaftes Echogramm. Zur Erzielung guter Abbildungsmaßstäbe sind Echographen mit 4 bis 8 Meßbereichen ausgestattet. Mit Echographen können

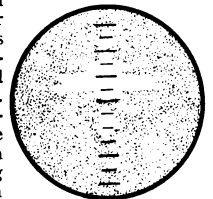


2 Echograph. a Elektromotor, b mehrstufiges Reibradgetriebe, c Riemenscheibe, d endloses Schreibband, e Brücke mit Schreib- und Abnehmerfeder, f Startnocke für Startkontakte, g, h Kontaktschalter im Meßbereichsschalter, i Stoßkreis, k Sendeschwinger, l Empfangsschwinger, m vier- bis fünfstufiger Verstärker, n Kontaktschiene, o Echogramm, p Getriebe für schubweisen Papiertransport, q Getriebe für Zeitmarkierung



1 Horizontal- (H-) und Vertikal- (V-) Ortung. a Steuer-, Meß- und Registriergerät, b Sichteinrichtung (Fischlupe), c Abhörgerät, d Verstärker, e Stoßkreis (Impulsgeber), f Sende- und Empfangsschwinger (V-Lot), g Impulsstrecke V-Lot, h Wirkbereich V-Lot (durchschallter Raum), i Echogeber (Einzelobjekt oder Boden), k Echoerfüller Raum, l Ausfahr- und Schwenkgerät (H-Lot), m schwenkbare Schacht mit H-Schwinger, n Wirkbereich H-Lot (durchschallter Raum), o Echogeber im Freiwasser, p Impulslaufstrecke H-Lot

Aussagen über Fischvorkommen, Bodenart und -gestaltung erzielt werden, bodennahe Fische werden schlecht erfaßt. Für Navigationszwecke sind Echographen häufig mit Navigationsloten, zur Fischortung mit Fischlupen (s. u.) gekoppelt. Die **Netzsonde** ist eine Echographen-Anlage, deren Schwinger über lange Kabel (bis 2000 m) an einem Stabilisator (Höhenscherebrett) so über der Öffnung eines pelagischen Schleppnetzes befestigt wird, daß er Öffnungsgröße und Funktion des Netzes, Abstand des Netzes vom Grund und die Fangobjekte ortungsmäßig erfaßt. 3) Die **Fischlupe** ist ein speziell für die Vertikal- und Horizontalortung entwickeltes Gerät. Die Echos erscheinen als Horizontalauslenkungen der Spur eines synchron zur Schallaussendung abgelenkten Elektronenstrahls auf dem Schirm eines Oszilloskops. Durch dieses trägheitslose Verfahren werden genaue Meßwerte und Aussagen



3 Fischanzeigen im Fischlupenbild

über den Reflexionscharakter der Echogeber erreicht. Autonome Fischlupen haben einen Übersichtsbereich (z. B. 0 bis 600 m) und einen Suchbereich (meist 15 m), der beliebig aus dem Übersichtsbereich gewählt wird und mit relativ günstigem Abbildungsmaßstab zur Anzeige kommt. In der Regel sind Fischlupen jedoch mit Echographen gekoppelt und dann mit zwei Suchbereichen (z. B. 40 und 15 m) ausgerüstet, die aus dem Anzeigebereich des Echographen gewählt werden. Lit. → Ultraschall.

Ultraschallöten, → Löten.

Ultraschallreinigen, das Reinigen von metallischen Werkstücken mittels → Ultraschall. Das in geeignetem Lösungsmittel ruhende Reinigungsgut wird bewegt oder im Durchlauf beschallt. Durch Anwendung des U.s wird der höchste Reinheitsgrad, der heute überhaupt möglich ist, auch bei fest anhaftenden Rückständen sowie in Bohrungen, Vertiefungen, Gewinden u. ä. erzielt. Das U. ist in der feinmechanisch-optischen und elektronischen Industrie weit verbreitet; es kann auch zur Reinigung medizinischer Instrumente (Spritzen und Kanülen) angewendet werden.

Ultraschallschweißen, → Schweißen.

Ultraschalltherapie und -diagnostik, die therapeutische und diagnostische Anwendung von → Ultraschall in der Humanmedizin. In der Therapie werden kleine und mittlere Schallstärken bis zu 2 W/cm^2 (Watt/Quadratcentimeter) verwendet. Bei entzündlichen Prozessen wurden gute Erfolge erzielt. Die Ultraschall-Aerosol-Therapie beruht auf der Vernebelung von Medikamenten mittels Ultraschalls höchster Intensität und Inhalation des dichten, feintröpfigen Nebels. Die Ultraschallchirurgie bedient sich fokussierter Ultraschallwellen zur mechanischen Zellerstörung.

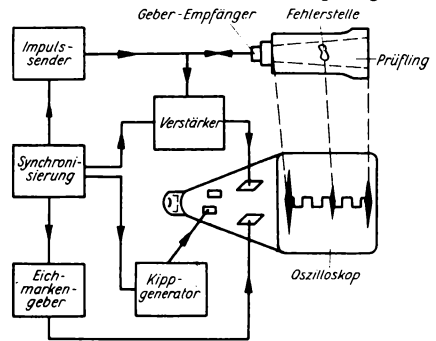
In der **Diagnostik** wird das Impuls-Echo-Verfahren angewendet (→ Ultraschallwerkstoffprüfung); dabei werden eingestrahlte Ultraschallimpulse an Muskel, Fett und Knochen, d. h. Geweben ungleicher Schallkennimpedanz, unterschiedlich reflektiert. Das eindimensionale Verfahren mit stehendem Schwingen ergibt eine „Zackenschrift“ auf dem Oszilloskop und ermöglicht z. B. die Feststellung der Herzwandbewegungen. Mittels bewegter Schwinger (B- und C-Skan-Technik) ist auch die Erzeugung direkter Ultraschallabbildungen (Schnittbilder) des Körpers möglich. Ein besonderer Vorteil des Verfahrens ist die Erkennbarkeit von Weichteilveränderungen.

Das eindimensionale Verfahren wird auch in der Landwirtschaft zur Speckdickenmessung bei Schweinen angewendet.

Ultraschallwerkstoffprüfung (Tafel 30), die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit → Ultraschall. Die Werkstoffprüfung mittels Röntgenstrahlung ergibt nur auswertbare Ergebnisse, wenn die Gesamtabsorption im Prüfling durch Fehler um mindestens 5 % verändert wird. Kleine Lunker, Haarrisse, Doppelungen und nichtgebundene Schweißnähte sind deshalb nicht erkennbar; als Grenzfläche Metall — Luft reflektieren sie jedoch Ultraschallwellen fast vollständig. Die U. ist von größter wirtschaftlicher Bedeutung insbesondere bei Halbzeugen (Grob-, Fein- und Ziehbleche, Brammen, Stangenmaterial und Draht), da fehlerhaftes Material vor der Verarbeitung ausgeschlossen werden kann. Die U. ermöglicht die schnelle Prüfung großer Flächen sowie fast beliebig langer oder dicker Werkstücke und kann auch bei eingebauten Prüflingen (Maschinenteile, Achsen, Radkränze, Eisenbahnschienen) erfolgen.

Übliche Verfahren der U. sind das Echo- und das Durchstrahlungsverfahren. Beim **Echoverfahren** (*Reflexionsverfahren*) ist nur einseitige

Zugänglichkeit für den als Geber und Empfänger arbeitenden Schallkopf erforderlich. Beim **Impulsechogerät** wird synchron mit den abgegebenen Ultraschallimpulsen durch einen Kippgenerator die Horizontalauslenkung des Oszilloskops ausgelöst. Der reflektierte Impuls wird über einen Verstärker der Vertikalablenkung zugeführt.



Impulsechogerät (Prinzipschaltung und Wirkungsweise)

Die auf dem Schirm des Oszilloskops entstehenden „Zacken“ (Auslenkungen) geben Auskunft über Lage und Größe der Fehler. Aus den Eichmarken kann direkt der Abstand Geber — Fehler errechnet werden. Mit bewegten Schwingern und Helltastung des rasterförmig über den Schirm des Oszilloskops bewegten Elektronenstrahls wird auch die Erzeugung von „Schnittbildern“ des Prüflings möglich. Das **Durchstrahlungsverfahren** arbeitet mit getrennten Send- und Empfangsschwingern auf gegenüberliegenden Seiten des Prüflings. Fehler bewirken eine Abnahme des empfangsseitigen Signals, die Anzeige erfolgt mittels Instruments oder Grenzwertüberwachung.

Ultrastrahlung, → kosmische Strahlung.

Ultraviolett, abg. UV, die im Spektrum jenseits vom Violett liegende kurzwellige unsichtbare Strahlung. Das UV erstreckt sich über das Wellenlängenintervall von etwa 5 bis 400 nm. Für die UV-Strahlung gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten, wie sie aus dem Gebiet der sichtbaren optischen Strahlung bekannt sind: Brechung, Beugung, Reflexion, Interferenz, Polarisation und Energieübertragung. Von normalem optischem Glas wird das kurzwellige UV absorbiert, so daß man etwa ab 350 nm zu Quarzglas übergehen muß, das für Strahlung bis zu 200 nm durchlässig ist. Für sehr kurzwelliges UV — etwa 130 nm — wird Fluorid verwendet. Auch Luft absorbiert kurzwelliges UV sehr stark, so daß man bei Wellenlängen unter 200 nm im Vakuum arbeiten muß.

Zur Erzeugung von UV-Strahlung benutzt man entweder die Strahlung hoch erhitzter fester Körper (Temperaturstrahler) oder elektrisch angeregter Dämpfe oder Gase. Die zur UV-Erzeugung wichtigste Gasentladung ist die Quecksilberentladung, die die meisten Linien im UV-Gebiet aufweist. Im UV-Gebiet sind auch Entladungen in einigen permanenten Gasen (Wasserstoff und Edelgase) von Bedeutung; diese Entladungen liefern im UV-Bereich im Gegensatz zu den Linienspektren der Metaldampfentladungen ein kontinuierliches Spektrum.

Ein natürlicher UV-Strahler ist die Sonne. Bei einer Oberflächentemperatur von etwa 6000 °K strahlt sie ein kontinuierliches Spektrum aus, das jedoch durch Absorption in der Atmosphäre der Sonne Absorptionslinien, die Fraunhofer'schen Linien, aufweist. Die UV-Sonnenstrahlung erfährt in der Erdatmosphäre eine einschneidende Änderung. Sauerstoff und Ozon absorbieren die

UV-Strahlung unterhalb etwa 300 nm vollständig, zu längeren Wellenlängen hin erheblich, wobei Sonnenstand und Beschaffenheit der Atmosphäre von großem Einfluß sind. Die zwischen 315 und 280 nm liegende UV-Strahlung wird *Dornstrahlung* genannt; sie ist bei der Pigment- und Vitamin-D-Bildung der Haut wirksam.

Als Strahlungsempfänger für UV verwendet man sensibilisierte Photoelemente, Photozellen und Sekundärelektronenvervielfacher.

Anwendung der UV-Strahlung. Besonders aussichtsreich ist der Einsatz bei der Photochlorierung und der Photopolymerisation zu Platten und allgemein auf dem Gebiete der synthetischen Erzeugung chemischer Produkte. Viele Stoffe weisen bei UV-Bestrahlung die Erscheinungen der Fluoreszenz und Phosphoreszenz auf. Man nutzt dies zum Nachweis der UV-Strahlung und zur Unterscheidung der betreffenden Stoffe aus, da diese im UV-Licht verschiedene Leuchteffekte zeigen. So lassen sich Beimengungen bei Lebensmitteln, Ausbesserungen und Rasuren an Urkunden und Korrekturen an Ölgemälden feststellen. Die gute Bündelungsfähigkeit der UV-Strahlung macht sie bei Richtfunkstrecken in der Telefonie geeignet. Besonders wichtig sind die biologischen Wirkungen. So kann das UV-Licht recht starke Hautverbrennungen hervorrufen, jedoch in Dosen angewendet heilend wirken, z. B. läßt sich Rachitis mit UV-Strahlung bekämpfen. Bei technischer Anwendung werden auch biologische Wirkungen ausgenutzt, z. B. bei der Luftentkeimung und der Sterilisation von Wasser durch UV. Die Anregung von Leuchtstoffen in der Fluoreszenzanalyse und auch in der Erzeugung von Licht wird technisch ausgenutzt. Auch die Ionenbildung durch UV in Luft beruht auf einer physikalischen Wirkung und ist wesentlich bei der Herstellung unipolar ionisierter Luft, wie sie in Klimakammern für therapeutische Zwecke angewendet wird. Zu einem sehr großen Teil beruht jedoch die Anwendung von UV-Strahlung in der Technik auf photochemischen Wirkungen, z. B. bei Farbestandsprüfungen, beim Bleichen und Altern von Lacken. Sehr umfangreich ist der Einsatz des U.s bei der Beeinflussung lichtempfindlicher Schichten, z. B. bei der Herstellung von Lichtpausen und Kontaktkopien.

Ultraviolett dosimeter, ein Meßgerät für die Bestrahlungsstärke von ultravioletter Strahlung. Es besteht aus einem Quarzrohr, das mit einer Lösung gefüllt ist, die sich unter dem Einfluß der Ultraviolettstrahlung chemisch verändert und verfärbt. Bei der Jodmethode tritt eine Braunfärbung infolge Jodabscheidung auf, bei einer anderen Methode verwendet man mit schwefliger Säure entfärbte Fuchsinlösung, die sich durch die Ultraviolettstrahlung wieder rötlich färbt. Außerdem gibt es Methoden, bei denen eine Entfärbung durch die Strahlung stattfindet, z. B. bei der Azetonmethode (Entfärbung von Methylenblau). Der Grad der Verfärbung, aus dem die Bestrahlungsstärke bestimmt werden kann, wird kolorimetrisch gemessen (→ Kolorimetrie).

Ultraviolett spektroskopie, ein Teilgebiet der Spektroskopie, bei dem die Energieunterschiede zwischen verschiedenen elektronisch angeregten Zuständen von Molekülen oder Atomen (im Bereich von 400 bis 190 nm) untersucht werden. Dabei registriert man die Spektren von Molekülen praktisch stets in Absorption als Bandenspektren, die von Atomen in Emission als Linienspektren. Die Atomspektren werden häufig zur Spektralanalyse herangezogen, die Molekülspektren dienen besonders zur Klärung von theoretischen Fragen der Chemie.

Ultrazentrifuge, → Zentrifuge.

Umbra f, 1) natürliches, braunes Pigment, eisen- und manganhaltiger Ton, der durch Ver-

witterung von Eisen- und Manganerzen entstanden ist. Man verwendet U. für Mal- und Anstrichzwecke.

2) der dunkle Kern der Sonnenflecke.

Umdrehung, Kurzz. U, wird bei der Angabe von Umlauffrequenzen und Drehzahlen angegeben, nur in Verbindung mit Kehrwerten der Zeiteinheiten zulässig. **Umdrehung/Minute**, Kurzz.

U/min: $1 \text{ U/min} = \frac{1}{60} \text{ U/s} = 1,667 \cdot 10^{-2} \text{ Hz}$

(Hertz). **Umdrehung/Sekunde**, Kurzz. U/s: $1 \text{ U/s} = 1 \text{ Hz}$. **Umdrehung/Stunde**, Kurzz. U/h: 1 U/h

$= \frac{1}{60} \text{ U/min} = \frac{1}{3600} \text{ U/s} = 2,778 \cdot 10^{-4} \text{ Hz}$.

Umdrehungszähler, **Tourenzähler**, ein Gerät mit → Zählwerk zum Messen der Drehzahl einer Welle oder Maschine.

Umfangsgeschwindigkeit, die Geschwindigkeit eines Umfangspunktes bei Drehung. Ist r (m) der Abstand des Punktes von der Drehachse und ω (s^{-1}) die Winkelgeschwindigkeit, so ist die Umfangsgeschwindigkeit $v = r \cdot \omega$ (m s^{-1}). Zwischen Durchmesser d (m), minutlicher Drehzahl n (min^{-1}) und Umfangsgeschwindigkeit v besteht die Beziehung $v = \pi d n / 60$ (m s^{-1}).

Umformen (Tafel 28), häufig fälschlich bezeichnet als **Stanzen**, eine Hauptgruppe der → Fertigungsverfahren zur Gestaltänderung fester Körper durch Verlagerung von Teilmassen oder der Gesamtmasse des Werkstückes bei zeitweiligem Überführen in den plastischen Zustand unter Einwirkung direkter oder indirekter Kräfte. Der Umformvorgang bei kristallinen Werkstoffen, besonders Metallen, beruht darauf, daß sich innerhalb der Kristalle bestimmte Gleitebenen ausbilden, auf denen sich verschiedene Zonen der Kristalle gegeneinander in definierten Richtungen verschieben. Dadurch strecken sich die Kristalle in der Richtung der Formänderung. Das Verfahren des Werkstoffs beim U. wird nicht nur durch seine Zusammensetzung und Gefügeausbildung, sondern auch durch die Temperatur und die Geschwindigkeit des Umformprozesses sowie durch die Gestaltung der Umformwerkzeuge bestimmt.

Die Umformbarkeit eines Werkstoffs wird durch sein Formänderungsvermögen und seinen Formänderungswiderstand bestimmt. Das **Kaltumformen** erfolgt bei Temperaturen unterhalb der Rekristallisationstemperatur des betreffenden Metalles, überwiegend bei Raumtemperatur. Es führt zur Festigkeitssteigerung durch Kaltverfestigung. Diese kann durch Rekristallisationsglühen rückgängig gemacht werden. Unter Umständen kann ein kaltverfestigter unlegierter Stahl an Stelle eines teureren legierten Stahles treten. Das **Kaltumformen** ergibt maßgenauere Werkstücke als das **Warmumformen** oberhalb der Rekristallisationstemperatur durch Fortfall des Wärmeeinflusses auf Werkstofffestigkeit und Schwindung.

Die wichtigsten Verfahren der Umformtechnik sind Freiformschmieden, Gesenkschmieden, Kaltstauchen und Kaltprägen, Fließpressen, Strangpressen, Walzen, Streckdrücken (Fließdrücken), Recken, Strangziehen, Tiefziehen, Drücken, Hohlprägen, Ausbauchen, Abkanten, Umschlagen, Profilieren, Bördeln, Sicken, Reckbiegen, Rollbiegen, Schränken, Explosivumformung.

Der Begriff → spanlose Formung wird oft fälschlicherweise dem Begriff U. gleichgesetzt, er ist aber weiter gefaßt.

Lit. Geleji: Bildsame Formung der Metalle in Rechnung und Versuch (dtsh Berlin 1960). Die Berechnung der Kräfte und des Arbeitsbedarfes bei der Formgestaltung im bildsamen Zustand (dtsh Budapest 1955); Krist u. Abendroth: Mechanische Technologie für die Grundstoff-

industrie, Bd 2 (Leipzig 1958); Poljak u. Sorokin: Neuzzeitliche Methoden der spanlosen Kaltverformung (dtisch Berlin 1954); Romanowski: Handb. der Stanzertechnik (dtisch 3. Aufl. Berlin 1965); Storoschew u. Popow: Grundlagen der Umformtechnik (dtisch Berlin 1967).

Umformer, eine elektromagnetische Anordnung zur Umformung elektrischer Energie in elektrische Energie mit anderem Zeitverhalten oder anderen Parametern der Ströme und Spannungen. Die U. besitzen im Gegensatz zu den → Stromrichtern umlaufende Teile.

Man unterscheidet bei den Maschinenumformern Motorgeneratoren, Einankerumformer und Kaskadenumformer. 1) Der **Motorgenerator** besteht aus zwei mechanisch gekoppelten → elektrischen Maschinen, deren eine als Motor und deren andere als Generator arbeitet. Besitzen beide Maschinen eine gemeinsame Welle und ein gemeinsames Gehäuse, spricht man von einem **Eingehäuseumformer**. Zur Umformung von Drehstrom in Gleichstrom wird ein Synchron- oder Asynchronmotor mit einem Gleichstromgenerator gekoppelt (z. B. in der → Leonard-Schaltung bzw. beim → Ilgner-Umformer). Dient der Gleichstromgenerator als Erregermaschine zur Speisung der Erregerwicklung einer anderen elektrischen Maschine, spricht man von einem **Erregerumformer**. Der Generator kann dabei auch als Verstärkermaschine ausgebildet sein. Beim Schweißumformer besitzt der Generator eine der Lichtbogenkennlinie angepaßte, stark fallende Strom-Spannungs-Kennlinie. Zur Umformung von Drehstrom in Drehstrom oder Wechselstrom anderer Frequenz wird ein Synchron- oder Asynchronmotor mit einem Synchrongenerator anderer Polpaarzahl gekoppelt, z. B. Bahnumformer zur Umformung von 50-Hz- (Hertz-) Drehstrom in 16 $\frac{2}{3}$ -Hz-Wechselstrom. Zur Erzeugung von Mittelfrequenz bis 10 kHz (Kilohertz) für die Induktionserwärmung werden auf der Generatorseite → Mittelfrequenzgeneratoren eingesetzt. Beim asynchronen Frequenzumformer dient als Generator eine Asynchronmaschine mit Schleifringläufer, und es wird der Unterschied zwischen Ständer- und Läuferfrequenz ausgenutzt. Alle Motorgeneratoren besitzen den Vorteil, daß die beiden Netze vollständig unabhängig voneinander sind und galvanisch getrennt bleiben.

2) Der **Einankerumformer** dient zur Umformung von Drehstrom in Gleichstrom unter Benutzung nur einer Maschine. Diese stellt durch Anzapfung der Kommutatorwicklung eine Kombination einer Synchronmaschine mit einer Gleichstrommaschine dar. Sie wird heute kaum noch verwendet.

3) Der **Kaskadenumformer** dient zur Umformung von Drehstrom in Gleichstrom. Er besteht aus einer Asynchronmaschine mit Schleifringläufer und einem elektrisch und mechanisch gekoppelten Einankerumformer. Kaskadenumformer besitzen heute ebenfalls kaum noch Bedeutung.

Umformerwerk, bei der → elektrischen Zuförderung eine Einrichtung zur Frequenzumformung der aus dem öffentlichen Landesnetz entnommenen Energie für Traktionszwecke mittels rotierender Umformersätze. Nach dem Versorgungsbereich unterscheidet man **zentrale U.e.**, die gemeinsam mit den Bahnkraftwerken oder Gemeinschaftskraftwerken Energie für eine ganze Reihe von Unterwerken bereitstellen, und **dezentrale U.e.**, die direkt an der Bahnstrecke errichtet werden und jeweils ein Unterwerk ersetzen.

Umgießen, ein Verfahren zum unlösbaren Verbinden von Teilen aus Metallen mit unterschiedlichen Schmelztemperaturen, z. B. U. einer Zylinderlaufbuchse aus Grauguß mit einem Rippenzylinder aus einer Aluminium-Gußlegie-

rung mit niedrigerem Schmelzpunkt. Das Umgußteil wird an vorgesehener Stelle im Formhohlraum angebracht und danach die Form mit der Schmelze des zweiten Metalles gefüllt. Der Zusammenhalt entsteht entweder nur durch Schrumpfung (Kraftschluß) oder mittels am Umgußteil angearbeiteter, abgerundeter Vorsprünge durch Verklammerung (Formschluß). Bessere Festigkeitseigenschaften erhält eine solche Verbindung, wenn ein Legieren der beiden Metalle (Stoffschluß) durch Diffusion an der Grenzlinie erreicht wird (→ Verbundguß).

U/min, Kurzsz. für Umdrehung/Minute, → Umdrehung.

umkehrbar, 1) Elektrotechnik: In der Starkstromtechnik werden die Elektromotoren als u. bezeichnet, deren Anlasser die Umschaltung von der normalen auf die entgegengesetzte Drehrichtung ermöglichen. In der Schwachstromtechnik nennt man solche Schaltungen (Vierpole) u., die in beiden Betriebsrichtungen des Signalflusses gleiche Übertragungseigenschaften haben. 2) → reversibel.

umkehrbar eindeutig, swv. → eineindeutig.

Umkehrfunktion, inverse Funktion, diejenige Funktion zu einer explizit gegebenen Funktion $y = f(x)$, die man durch Auflösen der Gleichung $y = f(x)$ nach der unabhängigen Veränderlichen, $x = \phi(y)$, und Vertauschen der beiden Variablen erhält: $y = \phi(x)$. Zum Beispiel ist die U. von $y = x^2$ im Intervall $0 \leq x \leq +\infty$ die Funktion $y = +\sqrt{x}$ (Abb.). Die Funktion $y = \log_e x$ ist die U. der Exponentialfunktion $y = e^x$. Das geometrische Bild einer U. erhält man durch Spiegelung der zur gegebenen Funktion gehörigen Kurve an der Geraden $y = x$, d. h. an der Winkelhalbierenden des positiven Quadranten.

Umkehrspanne, bei Längenmeßgeräten der Unterschied der Anzeigen, die sich für den gleichen Wert der Meßgröße ergeben, wenn sich der Zeiger des Meßgerätes einmal von kleineren Werten der Anzeige her und zum anderen von größeren Werten der Anzeige her auf die Meßgröße einstellt. Die U. wird bei mechanisch wirkenden Meßgeräten durch Reibung, Spiel und elastische Verformungen im Meßgetriebe hervorgerufen; sie ist am ausgeprägtesten bei der Meßuhr. Das Auftreten der U. kann durch Anheben und Aufsetzen des Meßbolzens vor jeder Messung vermieden werden.

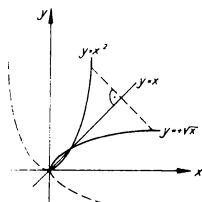
Umkehrstromrichter, → Stromrichter.

Umkehrverfahren, in der Photographie Entwicklungsverfahren, die unmittelbar ein Positiv liefern, im Unterschied zu dem üblichen Negativ-Positiv-Prozeß. Man entwickelt zunächst mit einem Entwickler, der ein Lösungsmittel für Silberbromid enthält; dann wird das entstandene Silber im Umkehrbad herausgelöst und das restliche Silberbromid völlig geschwärzt, entweder mit einem Reduktionsmittel oder nach einer Zweitbelichtung in einem normalen Entwickler. Wenn auch alle Schichten sich umkehrt entwickeln lassen, so werden doch spezielle Schichten für Umkehrentwicklung (Umkehrfilm) hergestellt, da nur auf diese Weise sehr gute Ergebnisse erzielt werden können. Verwendet werden die U. vor allem in der Schmalfilmmikrographographie schwarzweiß und farbig und für Farbdias.

Umkreis, → Dreieck.

Umkristallisieren, ein häufig angewandetes Reinigungsverfahren für chemische Substanzen, das auf Löslichkeitsunterschieden beruht. Die verunreinigte Substanz wird in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst und durch Abkühlen oder Zugabe einer anderen Flüssigkeit, in der die Substanz wenig oder nicht löslich ist, wieder zur Kristallisation gebracht.

Umlagern, → Stoffeigenschaftsändern.



Die Funktion $y = x^2$ und ihre Umkehrfunktion $y = \sqrt{x}$ (im Intervall $0 \leq x \leq +\infty$)

Umlaufförderer, Fördermittel, bei denen die Zugorgane (Seil oder Kette) stetig umlaufen und die Lastaufnahmemittel (Gehänge, Kabinen u. a.) mit den Zugorganen fest verbunden sind oder auch gelöst werden können. U. sind Umlaufaufzüge (\rightarrow Aufzug), Umlaufseilschwebbahnen (\rightarrow Seilschwebbahn) und Umlaufschaukel-förderer (\rightarrow Schaukelförderer).

Umlaufgetriebe, **Umlaufädergetriebe**, **Planetengetriebe**, Getriebe, die im einfachsten Falle aus zwei miteinander kämmenden Zahnrädern sowie einem Steg bestehen. Das eine Rad (Sonnenrad) ist feststehend, der Steg um den Mittelpunkt drehbar. Um das stillstehende Rad kreist das Planetenrad (Umlaufad). U. entstehen aus Stirn- oder Kegelradstandgetrieben. Als Übersetzungsgetriebe sind nur die rückkehrenden, aus einfachen U.n zusammengesetzten U. geeignet, wobei die Anordnung mehrerer Umlaufäder vorteilhaft ist. Jedes U. eignet sich als Summierungs- oder Differentialgetriebe. Bei den rückkehrenden U.n können von den drei Wellen zwei als Antrieb auf einen Abtrieb (Summiergetriebe) oder eine als Antrieb auf zwei Abtriebe (Ausgleichgetriebe) wirken. U. sind geeignet für hohe Übersetzungen bei geringem Raumbedarf. (Abb.)

Gegensatz: \rightarrow Standgetriebe.

Umlaufkolbenmotor, ein \rightarrow Rotationskolbenmotor.

Umlaufädergetriebe, svw. \rightarrow Umlaufgetriebe.

Umlenkantenne, eine Einrichtung zur Änderung der Richtung von elektromagnetischen Strahlungen, besonders von gerichteten Sendungen in Richtfunkstrecken. Die U. besteht z. B. aus ebenen Platten oder Parabolspiegeln, die auf Türmen oder Bergen angebracht sind und die aufgenommene Sendung in eine von der bisher eingehaltenen Linie abweichende Richtung weitergeben, z. B. zur Überwindung von Hindernissen (Bergen, tiefen Tälern u. a.). Eine Frequenzumsetzung findet dabei im Unterschied zum Fernschrägenumsetzer nicht statt.

Umrichter, ein \rightarrow Stromrichter.

Umschlagen, ein handwerkliches Biegeverfahren für Bleche. Das Abbiegen wird mit dem Handhammer absatzweise in Richtung der Biegekannte ausgeführt. (Abb.)

Lit. \rightarrow Biegen.

Umschmelzen, \rightarrow Schmelzen 2).

Umsetzen, 1) svw. \rightarrow Umspürung. 2) \rightarrow Rangieren.

Umsetzer, svw. Fernsehfrequenzumsetzer, \rightarrow Fernsehstation.

Umspanner, ein \rightarrow Transformator für die Starkstromtechnik.

Umspannwerk, eine Transformatorenstation, von der Hochspannungsfernleitungen ausgehen oder an der solche eintreffen. Im U. werden in der Regel große Leistungen von Hoch- auf Mittelspannung transformiert oder umgekehrt.

Umspürung, 1) die Überführung von Eisenbahnfahrzeugen in ein Netz mit anderer \rightarrow Spurweite. Geringe Differenzen (z. B. Übergang von Normalspur 1435 mm auf sowjetische Breitspur 1524 mm) können durch **Spurwechselradsätze** (Radsätze mit verschiebbaren Radscheiben) überwunden werden. Größere Unterschiede erfordern den Austausch von Achsen oder Drehgestellen. Der Übergang von Normalspur auf Schmalspur und umgekehrt erfolgt durch \rightarrow Rollböcke (im Schmalspurnetz) oder **Rollfahrzeuge** (im Normalspurnetz), die die netzfremden Wagen tragen. Triebfahrzeuge verbleiben stets im eigenen Netz.

2) die generelle Umstellung eines Schienennetzes auf eine andere Spurweite, z. B. U. der Straßenbahn Karl-Marx-Stadt von 900 mm auf 1435 mm.

Umsteuerung, eine Vorrichtung zur Umkehr der Drehrichtung von Maschinen. Bei Dampf-

maschinen auf Lokomotiven und Schiffen wird zur Rückwärtsfahrt durch Umlegen eines Hebels eine Schaltkulisie gehoben oder gesenkt, wodurch der Schieber oder Steuerungsventile in die entgegengesetzte Stellung gebracht werden; der Dampf strömt nunmehr auf der anderen Seite des Kolbens ein.

Umwandlungswärme, ältere Bezeichnung **latente Wärme**, die Wärme, die bei jeder Phasenumwandlung freigesetzt oder verbraucht wird. In der physikalischen Chemie bezieht man die U. entweder auf ein Mol oder auf 1 g und bezeichnet als **molare U.** oder **spezifische U.** also die Wärme, die bei der Umwandlung eines Mols oder eines Gramms eines Stoffes umgesetzt wird. U.n sind die Verdampfungs- und Kondensationswärme, die Schmelz- und Kristallisationswärme (Erstarrungswärme), die Sublimationswärme und U.n bei Umwandlungen in kristallin festem Zustand, die auf einer Änderung der Kristallstruktur beruhen.

Prinzipiell lassen sich alle U.n kalorimetrisch messen (\rightarrow Kalorimeter).

unbegrenzt, svw. ohne Grenzen (Ränder); das Unendliche, aber auch besondere endliche, in sich geschlossene Linien, Flächen, Räume (überhaupt Räume verschiedener Dimensionen), z. B. die Ellipse (insbesondere der Kreis), die Fläche des Ellipsoids (insbesondere der Kugel), auch Räume mit höherer Zahl von Dimensionen (unvorstellbar). Die Geometrie solcher Räume ist von Riemann ausgearbeitet worden. Sie wurde angewendet in der allgemeinen \rightarrow Relativitätstheorie.

Unbekannte, die gesuchten Größen in einer Bestimmungsgleichung, z. B. x und y in der Gleichung $3x - 5y + 9 = 0$ (Gleichung mit 2 U.n). Die U.n werden meist mit den letzten Buchstaben des Alphabets, also mit x, y, z, u, v oder w bezeichnet.

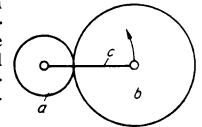
Begrifflich von den U.n zu unterscheiden sind die **Unbestimmten** in einem Polynom, z. B. x und y in dem Polynom in zwei Unbestimmten $3x - 5y + 9$.

unberuhigter Stahl, ein Stahl, der nach dem Eingießen in die Kokille infolge hochsteigender Gase noch kocht. Die Gründe liegen darin, daß das in der Stahlschmelze gelöste Eisen(II)-oxid nur z. T. durch \rightarrow Desoxydation entfernt wurde und der verbleibende Rest bei fallender Temperatur mit dem Kohlenstoff erneut reagiert. Neben Kohlenmonoxid werden bei der Erstarrung des Stahles noch andere Gase frei (z. B. Wasserstoff H_2), die zum großen Teil einige Zentimeter von der Blockoberfläche entfernt einen äußeren Blasenkranz bilden; vielfach entsteht weiter innen noch ein weiterer Blasenkranz. Die Blasen in ihrer Gesamtheit verdrängen Stahl, was zur Folge hat, daß unberuhig vergossene Blöcke nicht oder nur wenig lunkern. Die Außenhaut von unberuhig vergossenen Stahlblöcken ist im allgemeinen reiner als die Blöcke bei \rightarrow beruhigtem Stahl; u. S. wird deshalb für Erzeugnisse bevorzugt, die eine saubere Oberfläche haben müssen, z. B. Bandstahl, Blech, Draht. U. S. ist infolge des geringen Verbrauchs an Desoxydationsmitteln billiger als beruhigter Stahl, außerdem benötigt er für seine Herstellung weniger Schmelzzeit. Man ist deshalb bemüht, den Anteil des unberuhigten Stahls an der Stahlproduktion und Stahlverwendung ständig zu vergrößern.

Bzüglich Oberflächengüte, Qualität und Preis nimmt **halbberuhigter Stahl** eine Mittelstellung zwischen unberuhigtem und beruhigtem Stahl ein.

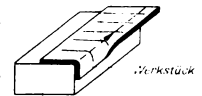
Unbestimmte, \rightarrow Unbekannte.

unbestimmte Werte. Manche Funktionen $f(x)$, die die Form einer Differenz, eines Produkts, eines Quotienten oder einer Potenz haben, neh-



Umlaufgetriebe. a feststehendes Sonnenrad, b kreisendes Planetenrad, c umlaufender Steg

Biegekannte bzw. Biegerichtung



Umschlagkizze
Prinzip des Umschlagens

unbestimmte Zahlen

men für einen gewissen Wert x_1 von x die Form $\infty - \infty$, $0 \cdot \infty$, $\frac{0}{0}$, $\frac{\infty}{\infty}$, 0^0 , ∞^0 oder eine ähnliche

Gestalt an (*unbestimmte Form*, *unbestimmter Ausdruck*), so daß ihr Wert für $x = x_1$ nicht definiert ist, d. h. unbestimmt bleibt. Häufig läßt sich aber statt dessen ein bestimmter Grenzwert $\lim f(x)$ angeben, wenn sich x unbeschränkt x_1 nähert.

unbestimmte Zahlen, **allgemeine Zahlen**, mathematische Größen ohne bestimmten Zahlenwert. Sie werden meist durch kleine lateinische oder griechische Buchstaben bezeichnet, für die man in einer identischen Gleichung, z. B. einem Rechengesetz, jede beliebige Zahl einsetzen darf. Das Rechnen mit u. n. nennt man \rightarrow Buchstabenrechnen.

unendlich, Zeichen ∞ , im mathematischen Sinn größer bzw. kleiner als jeder endliche Wert. In der Folge der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, ... n , ... wird n größer als jede noch so große positive Zahl. Man sagt: n strebt gegen ∞ . (Zeichen: $n \rightarrow \infty$), n wird u. groß. Dagegen wird in der Folge $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots, \frac{1}{n}, \dots$ bei unbegrenzt

wachsendem n die Differenz zwischen $\frac{1}{n}$ und 0 kleiner als jede noch so kleine positive Zahl: der Bruch $\frac{1}{n}$ strebt gegen 0, er wird u. klein (\rightarrow Grenzwert). Der Begriff „u. klein“ hat nur dann Sinn, wenn er sich auf Veränderliche bezieht; denn eine unendlich kleine, von Null verschiedene Konstante gibt es nicht. In der Analysis und der Arithmetik wird das U.e als Grenzbegriff (das potentiell U.e oder Infinite) erfaßt im Gegensatz zur modernen Mengenlehre, wo durch die Erweiterung des Zahlbegriffs die Unendlichkeit als fertige Ebene Größe erscheint (das aktual U.e oder Transfinite).

Unendlichkeit, ein Grundprinzip des dialektischen Materialismus zur Kennzeichnung der Unbegrenztheit und Ewigkeit der \rightarrow Materie in \rightarrow Raum und Zeit. Da alle Existenzformen der Materie für sich genommen endlich sind und der menschlichen Erkenntnis jeweils nur ein begrenzter, endlicher, wenn auch ständig zunehmender Teil des unendlichen Universums zugänglich ist, stellt jedes materielle Objekt eine Einheit von Endlichem und Unendlichem dar, wird das Endliche selbst zur Erscheinungsform des Unendlichen.

unengesättigt, 1) Bezeichnung für organisch-chemische Verbindungen, die freie Valenzen oder Mehrfachbindungen enthalten, z. B. Alkene, Ketone und Aldehyde.
2) Bezeichnung für Lösungen, die bei bestimmter Temperatur noch weitere Mengen des gelösten Stoffes aufnehmen können.

Ungleichung, ein Begriff für die Ungleichheit zweier Größen oder mathematischer Ausdrücke. Zeichen: \neq (ungleich), $>$ (größer als), $<$ (kleiner als). Wenn zwei Größen a und b voneinander verschieden, also ungleich sind ($a \neq b$), gibt es zwei mögliche Fälle: entweder ist a größer als b ($a > b$) oder a ist kleiner als b ($a < b$). Der Aussage $a > b$ entspricht die Aussage $b < a$. Beispiel: $3 > 5$, $3 < 5$, $5 > 3$. Ist a einer Größe b höchstens gleich, so verwendet man die Schreibweise $a \leq b$ (gelesen: a kleiner oder gleich b) oder entsprechend $b \geq a$ (gelesen: b größer oder gleich a), d. h., b ist mindestens so groß wie a . Zwei U.en von der Form $a < b$ und $b < c$ kann man vereinigen zu dem Ausdruck $a < b < c$, den man als *fortlaufende U.* bezeichnet. Sie wird besonders bei Intervallbetrachtungen (\rightarrow Intervall) angewendet, z. B. bedeutet $a \leq x \leq b$ das abgeschlossene Intervall $[a; b]$, d. h. alle Zahlen

zwischen a und b einschließlich der Randwerte a und b .

Für das Rechnen mit U.en gelten u. a. folgende Regeln:

- 1) Aus $a < b$ folgt $b > a$,
- 2) aus $a < b$ folgt $a \pm c < b \pm c$ (c beliebige positive oder negative Zahl),
- 3) aus $a < b$ folgt $am < bm$ (für $m > 0$),
 $am > bm$ (für $m < 0$),
- 4) aus $a < b$ und $c < d$ folgt $a + c < b + d$,
- 5) aus $a < b$ und $c < d$ folgt $ac < bd$ (für $b > 0$; $c > 0$),
- 6) aus $0 < a < b$ folgt $\frac{1}{a} > \frac{1}{b}$.

Ebenso wie Gleichungen können auch U.en unbekannte Größen enthalten. Eine solche U. zu lösen, bedeutet soviel wie zu bestimmen, innerhalb welcher Grenzen sich die unbekannten Größen bewegen dürfen, damit die U. richtig bleibt.

Unipolarmaschine, **Einpoltmaschine**, eine auf dem Prinzip der unipolaren Induktion beruhende \rightarrow elektrische Maschine. Sie stellt eine Gleichstrommaschine dar, besitzt jedoch keinen Kommutator. Bei der U. rotiert ein rotationssymmetrischer Anker aus gut leitendem Metall (Scheibe oder Zylinder) in einem zur Drehachse rotations-symmetrischen, zeitlich konstanten Magnetfeld. An geeigneter Stelle des Rotationskörpers schleifen Bürsten, an die der äußere Stromkreis angeschlossen ist. Die U. ist geeignet für kleine Spannungen (etwa 10 V), aber große Stromstärken (bis 100000 A). Sie wird zur Speisung von Elektrolyseanlagen eingesetzt und dient als Spannungsquelle für Elektromagnete, die extrem große Magnetfelder erzeugen sollen.

unitarische Bindung, \rightarrow Bindung 1).

Universaldarstellungsgert, ein in der Kartographie verwendetes Zeichengerät. Es beruht auf dem Prinzip des Pantographen und dient zur mechanischen Herstellung von Profilschnitten, Blockbildern und perspektivischen Geländeskizzen nach Karten oder Meßwerten.

Universalinstrument, ein \rightarrow astronomisches Instrument.

Universalmaschine, eine \rightarrow Werkzeugmaschine.

Universalmotor, eine \rightarrow elektrische Maschine, die sowohl mit Wechselstrom als auch mit Gleichstrom betrieben werden kann.

Universum, swv. \rightarrow Weltall.

Unkrautbekämpfungsmittel, swv. \rightarrow Herbizide.

Unkrautstriegel, \rightarrow Egge.

unpolare Bindung, \rightarrow Bindung 1).

Unruh, \rightarrow Uhr.

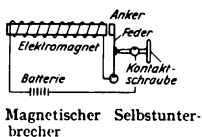
Unschärferelation, \rightarrow Heisenbergsche Unschärferelation.

Unstetigförderer, \rightarrow Fördermittel.

Unterbau, im Eisenbahnbau der Bahnkörper, im Straßenbau der Träger der Fahrbahndecke.

Unterbrecher, ein Gerät, das einen elektrischen Stromkreis in schneller Folge periodisch öffnet und schließt und dadurch periodische Stromimpulse erzeugt. U. ermöglichen z. B. den Betrieb der Wähler in den Fernsprechvermittlungsämtern oder, unter Zuhilfenahme von Transformatoren, die Erzeugung hoher Spannungen (Funkeninduktoren, Zündanlage in Kraftfahrzeugen). Man unterscheidet Selbstunterbrecher und fremderregte U.

1) Die **Selbstunterbrecher** beziehen die zum Unterbrechen (Schalten) erforderliche Energie aus dem zu unterbrechenden Stromkreis selbst. Die bekannteste und einfachste Art ist der **magnetische Selbstunterbrecher** (Wagnerscher oder Neefischer Hammer; Abb.). Vom Elektromagneten wird bei Stromfluß ein Anker angezogen, der an einer Feder befestigt ist. Durch die Bewegung des Ankers wird der Stromfluß zwischen



Magnetischer Selbstunterbrecher

dem Anker und einer Kontaktschraube unterbrochen und das Magnetfeld aufgehoben, da durch den Elektromagneten kein Strom mehr fließt. Durch Federkraft schwingt der Anker zurück, berührt die Kontaktschraube, der Stromfluß ist wieder hergestellt, der Anker wird angezogen usw. Der magnetische Selbstunterbrecher wird z. B. bei der elektrischen Klingel, dem Summer, der Kraftfahrzeughupe und dem Funkeninduktor angewandt. Der **Stimmgabelunterbrecher** ist wie der magnetische Selbstunterbrecher gebaut, nur wird hier keine Feder, sondern eine Stimmgabel durch den Elektromagneten erregt. Die Zahl der Unterbrechungen in der Zeiteinheit hängt von der Eigenschwingungszahl der Stimmgabel ab und praktisch nicht mehr von der Stärke des zu unterbrechenden Stromes. Dadurch wird eine gute Konstanz der Unterbrecherfrequenz gewährleistet. Der **Relaisunterbrecher** arbeitet ähnlich wie der magnetische Selbstunterbrecher, er hat jedoch durch Verwendung zusätzlicher elektrischer Schaltmittel und Ersatz des einfachen Elektromagneten durch ein oder mehrere Relais sehr gute Unterbrechungseigenschaften und zeitliche Konstanz. Der Relaisunterbrecher wird in Fernsprechwählanlagen benutzt. Der **elektrolytische U.** beruht auf der Bildung einer Blase aus einem Wasserdampf-Knallgasgemisch an einer sehr kleinen Platinspitze als Anode auf Grund der dort auftretenden hohen Stromdichte. Wenn die Blase die ganze Anode bedeckt, wird der Strom unterbrochen. Nachdem die Blase geplatzt ist, kann der Strom wieder fließen. Es gibt verschiedene Arten des elektrolytischen U.s, am bekanntesten ist der Wehneltunterbrecher, der sich für Unterbrecherfrequenzen bis zu einigen kHz eignet.

2) Die **fremderregten U.** beziehen die zum Ein- und Ausschalten erforderliche Energie aus einer fremden Energiequelle, z. B. einem Motor. Eine bekannte Art ist der **Motorunterbrecher** (Quecksilber- oder Turbinenunterbrecher), bei dem durch ein Turbinenrad Quecksilber vom Boden eines Gefäßes gesaugt und als rotierender Quecksilberstrahl gegen Kontakte an der Innenwand geschleudert wird. Beim **Zündunterbrecher** der Kraftfahrzeuge erfolgt das Öffnen und Schließen der Kontakte des Zündstromkreises durch einen vom Motor angetriebenen umlaufenden Nocken, der eine der Zylinderzahl entsprechende Zahl von Schalthöckern aufweist und damit die erforderliche Zündhäufigkeit bewirkt.

Unterdruckkammer, swv. → Klimakammer.
Unterfahren, 1) Grundbau: das nachträgliche Vertiefen und Verbreitern von Gebäudegründungen.

2) Bergbau: das Anlegen eines Grubenbaues unter einem anderen oder unter einer Lagerstätte.

Unterflurmotor, → Verbrennungsmotor.

Unterglasurfarben, → keramische Farben.

Untergrundbahn, abg. **U-Bahn**, 1) eine unter der Erdoberfläche als Tunnel geführte Stadtschnellbahnstrecke, → Zweite Ebene.

2) Bezeichnung für Stadtschnellbahnsystem, → Metro; nicht zu verwechseln mit → U-Straßenbahn.

Untergrundpacker, → Walze.

Unterkühlung, → metastabiler Zustand.

Unterpfasterbahn, → Zweite Ebene.

Unterschallströmung, → Gasdynamik.

Unterschicht, → Troposphäre.

Unterseeboot, abg. **U-Boot**, ein tauchfähiges Wasserfahrzeug, das in der Lage ist, im getauchten Zustand Manöver auszuführen. Das U. dient militärischen sowie Forschungszwecken. Als Kriegsschiff bekämpft es Kriegs- und Handelsschiffe sowie Objekte an der Küste und in der Tiefe des gegnerischen Territoriums, ferner dient

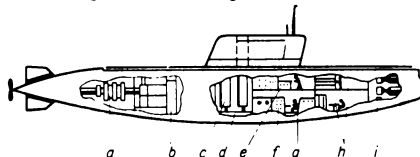
es zur U-Boot-Jagd, zur Aufklärung, zum Minenlegen und zum Wachtdienst. Die Besatzung kann bei modernen U.en mehr als 100 Mann betragen.

Der Rumpf des U.es ist ein Druckkörper mit Tauchtanks. Werden diese geflutet, d. h. durch Flutventile voll Wasser gelassen, so taucht das U. unter. Durch Auspressen des Wassers aus den Tanks mittels Druckluft oder durch Auspumpen mittels Lenzpumpen taucht das U. auf. Das Tauchen und Auftauchen sowie die Unterwasserfahrt werden durch Tiefen- und Flächenruder mit waagerechter Drehachse, die auf beiden Seiten an Bug und Heck angebracht sind, erleichtert. Zum Masseausgleich, z. B. der abgeschossenen Torpedos oder Raketen und des verbrauchten Treibstoffes, werden Trimm tanks gefüllt. Für die Unterwasserfahrt sind die U.e mit einem aus dem Turm des U.es bis knapp über die Wasseroberfläche ausfahrbaren → Periskop (Sehrohr) versehen. Der Turm, ein auf dem Rumpf aufsitzen der turmartiger Aufbau, dient als Ausguck bei Überwasser- und Halbtauchfahrt und als Kommandozentrale.

Nach der Antriebsart unterscheidet man dieselektrische U.e und U.e mit Kernenergieantrieb. 1) **Dieselektrische U.e** sind mit Dieselmotoren für die Überwasserfahrt und mit Elektromotoren für die Unterwasserfahrt ausgerüstet. Die Elektromotoren erhalten die Energie aus Akkumulatoren, die bei Überwasserfahrt von den mit den Dieselmotoren gekoppelten Generatoren nachgeladen werden. Um lange Tauchzeiten zu erreichen, können die U.e mit einem ausfahrbaren **Schnorchel** ausgerüstet werden, der bei geringen Tauchtiefen eine Sauerstoffzufuhr für die Dieselmotoren ermöglicht.

Dieselektrische U.e haben ein Displacement bis etwa 2000 ts (tons). Große dieselektrische U.e (Displacement über 1000 ts) sind in stande, weit von ihrer Basis entfernt mehrere Monate lang zu operieren; mittlere U.e (600 bis 1000 ts) sind für den Einsatz in begrenzten Seegebieten bestimmt, kleine U.e (bis 600 ts) für den Einsatz in der Nähe ihrer Basen. Die Geschwindigkeit dieselektrischer U.e beträgt etwa 20 kn (Knoten) über und 15 bis 20 kn unter Wasser, die Tauchtiefe etwa 100 bis 150 m, der Fahrbereich bei Tauchfahrt 150 sm (Seemeilen). Kleinst-U.e haben ein Displacement von 10 bis 100 ts.

2) **U.e mit Kernenergieantrieb** (→ Kernenergie), auch als **Kernenergie-U-Boote** oder **Atom-U-Boote** bezeichnet, bilden heute in den modernen Flotten den Kern der U-Boot-Waffe und stellen als Rakenträger die Hauptschlagkraft der Seestreitkräfte dar. Bei ihnen wird die Dauer des Unterwasseraufenthaltes nicht mehr durch den Vorrat an Antriebsenergie bestimmt, sondern in erster Linie durch die Aufenthaltsbedingungen an Bord, die physische Leistungsfähigkeit der Besatzungen und die notwendigen Vorräte an Proviant, Frischwasser, Vitaminen u. a. Kernenergie-U-Boote zeichnen sich durch hohe Beweglichkeit, unbegrenzten Aktionsradius, konzentrierte Schlagkraft, weitgehende Selbständigkeit und relativ geringe Verwundbarkeit aus. Das Displacement von modernsten U.en mit Kernenergieantrieb beträgt bis 8000 ts und mehr,



Unterseeboot mit Kernenergieantrieb (Atomunterseeboot), teilweise aufgeschnitten. a Turbinenanlage, b Kernreaktor, c Startrohre für Raketen, d Ballons mit Druckluft, e Zentrale, f Schlingerdämpfer, g Raketenleitstelle, h Wohnräume, i Torpedoraum

Unterseeboot- Abwehrmittel

die Geschwindigkeit 20 und mehr kn über Wasser und 40 bis 50 kn unter Wasser, die Tauchtiefe bis 600 m, der Fahrbereich 100 000 und mehr sm bei Unterwasserfahrt (während bei U.en mit herkömmlichem Antrieb von Tauchfahrt gesprochen wird, spricht man bei U.en mit Kernenergieantrieb von Unterwasserfahrt).

Kernenergie-U.e und große dieselelektrische U.e sind mit modernen Navigationsanlagen (Trägheitsnavigationssystemen) ausgerüstet. Elektronische Anlagen und hydroakustische Stationen (aktive und passive Unterwasserortungsanlagen) sowie Funk- und Radaranlagen u. a. sind auf allen U.en zu finden. Zur Bewaffnung gehören 2 bis 10 Torpedorohre (im Bug und Heck) zum Abschluß von geradlaufenden, zirkulierenden oder zielsuchenden Torpedos. Kernenergie- und große dieselelektrische U.e können Träger von Raketen (Start aus Über- und Unterwasserlage), von Flugzeuggeschossen (Start aus Unterwasserlage) oder von Rakentorpedos (Start aus Über- und Unterwasserlage) sein. Die Ausrüstung mit Universalarartillerie bis zum Kaliber von etwa 130 mm (zum Beschuß von See- und Luftzielen) ist möglich, verliert aber an Bedeutung. Flugzeuggeschosse befinden sich mit angeklappten Tragflächen in den Magazinen und werden zum Start auf ein Katapult gebracht. Ballistische Raketen und Rakentorpedos starten schräg oder senkrecht aus Startrohren, die fest in Rumpf oder Turm eingebaut sein können oder in Marschlage im Rumpf oder auf dem Deck waagrecht liegen und zum Raketenstart in die Senkrechte geschwenkt werden. Die Reichweite strategischer U-Boot-Raketen (mit Kernsprengladung) kann einige Tausend Kilometer betragen. Beim Unterwasserstart (Tauchtiefe etwa 30 m) werden die Raketen mit Druckluft aus der Startrohre ausgestoßen. Die zur Wasseroberfläche drängende Luftblase unterstützt dabei die Bewegung der Rakete, deren Triebwerk erst etwa 10 bis 15 m über der Wasseroberfläche gezündet wird. Raketen tragende U.e haben zur Selbstverteidigung Torpedorohre (2 bis 4) zum Ausstoß von U-Boot-Abwehrtorpedos.

Unterseeboot-Abwehrmittel, abg. **U-Boot-Abwehrmittel** oder **U-Abwehrmittel**, Waffen und Einrichtungen zur Abwehr und Bekämpfung von Unterseebooten (U-Booten). U.-A. sind U-Jagdraketen (→ Raketen), U-Jagdtorpedos (→ Torpedo) und → Wasserbomben. Diese Waffen werden von **Unterseeboot-Abwehrkräften** (U-Abwehrkräften) zum Einsatz gebracht. Als Unterseeboot-Abwehrkräfte über Wasser können Fregatten, Zerstörer, Küstenschutzschiffe (Korvetten) und speziell zur U-Abwehr ausgelegte Boote (U-Jäger) eingesetzt werden. Die genannten Schiffsklassen werden u. a. mit Geräten zur Suche, Verfolgung und Bekämpfung von U-Booten ausgerüstet. Fliegerkräfte zur Unterseebootjagd werden eingeteilt in U-Jagdflugzeuge mit Festlandstationierung oder Stationierung auf Flugzeugträgern, U-Jagdhubschrauber für Flugzeugträger sowie ferngesteuerte Hubschrauber für Flugzeugträger und U-Jagdflugzeuge. Ferngesteuerte Hubschrauber z. B. können bis zu 2 zielsuchende Unterseeboot-Jagdtorpedos oder bis zu 8 Reaktivtorpedos (Raketen) mitführen. Die Funksteuerung soll Reichweiten bis 40 km gewährleisten. Unterseeboot-Abwehrkräfte unter Wasser sind vor allem U-Jagdunterseeboote mit herkömmlichem Antrieb oder Kernenergieantrieb und großen Tauchtiefen (z. B. bis 500 m). Sie haben Abschußanlagen für U-Jagdraketen, 6 bis 8 Torpedoausstößrohre für U-Jagdtorpedos.

Voraussetzung für den Einsatz von U.-A.n sind leistungsstarke Ortungsstationen (→ hydroakustische Stationen), die über Rechen- und Feuerleitgeräte direkt mit der Waffe (z. B. Rakete) verbunden sind, sowie Such- und Verfolgungs-

stationen, mit denen sich Zieldistanz, Zielrichtung und Zielrichtungsänderung sowie die Tauchtiefe ermitteln lassen; sie beruhen z. B. auf der Aufspürung von Auspuffgasen herkömmlicher Unterseeboote oder radioaktiven Ausscheidungen kernkraftgetriebener Unterseeboote. In Flugzeuge werden hochempfindliche magnetische Meßgeräte eingebaut, die die durch den Bootskörper hervorgerufenen Störungen des Erdmagnetfeldes registrieren und den Standort des Ziels ermitteln sollen; dabei muß jedoch das zu ortende U-Boot eine Tauchtiefe von weniger als 100 m haben und das Suchflugzeug unmittelbar über der Wasseroberfläche fliegen.

Untersetzer, eine elektronische (Röhren- oder Transistoren-) Anordnung, bei der von einer einlaufenden Impulsfolge, z. B. aus Strahlungsdetektoren, z. B. nur jeder zweite Impuls (**dualer U.**) oder jeder zehnte Impuls (**dekadischer U.**) an die nächstfolgende Stufe weitergegeben wird. U. werden insbesondere in Zählansordnungen verwendet. Durch Hintereinanderschalten mehrerer dekadischer U. kann eine Registrierung im dekadischen Zahlensystem (Einer, Zehner, Hunderter usw.) erreicht werden. Wenn z. B. das zeitliche Auflösungsvermögen einer mechanischen Zählapparatur für die auftretende Impulsfolge nicht ausreicht, kann ebenfalls ein U. vorgeschaltet werden.

Untersteuern, → Schräglauf.

Untertagebau (Tafel 21), das Gewinnen von tief in der Erde liegenden Mineralen und Gesteinen. Dazu werden Grubenbaue (Schächte, Stollen, Strecken) aufgeföhren, die innerhalb und außerhalb der Lagerstätte liegen und die man in ihrer Gesamtheit als *Grubengebäude* bezeichnet. 1) Durch die Ausrichtung wird die Lagerstätte von der Erdoberfläche aus zugänglich gemacht. Das geschieht meist durch Anlegen des → Schachtes (in gebirgigem Gelände durch Aufföhren eines → Stollens). Vom Hauptschacht aus werden in einer oder aber bei halbsteiler bis steiler Lagerung in mehreren Teufen (Tiefenlagen) waagrecht übereinanderliegende → Sohlen angelegt. Haupt- und Teilsohlen sind untereinander durch → Blindschächte, mitunter auch durch → Rollöhre verbunden. Auf den einzelnen Sohlen werden vom Schacht aus → Strecken zur Lagerstätte vorgetrieben, die im allgemeinen söhlig und quer zum Streichen verlaufen.

2) Durch die Vorrichtung wird die Lagerstätte für den Abbau vorbereitet, d. h. in einzelne Abbaubabschnitte oder Baufelder zerlegt. Diese Strecken werden je nach Bedarf im Streichen, im Einfallen oder diagonal, im Lager selbst oder im Nebengestein, söhlig oder geneigt aufgeföhren. Das geschieht durch Bohren und Schießen oder mit Hilfe von Streckenvortriebsmaschinen. Im Steinkohlenbergbau ermöglicht oft die Regelmäßigkeit der Flöze eine sehr planmäßige Unterteilung der Baufelder in einzelne kleinere Abbaubteilungen und Reviere, in denen der Abbau dann unmittelbar beginnt. Bei den unregelmäßigen Lagerstätten des Gangerzbergbaus ist oft eine derart plan- und regelmäßige Vorrichtung nicht durchzuführen.

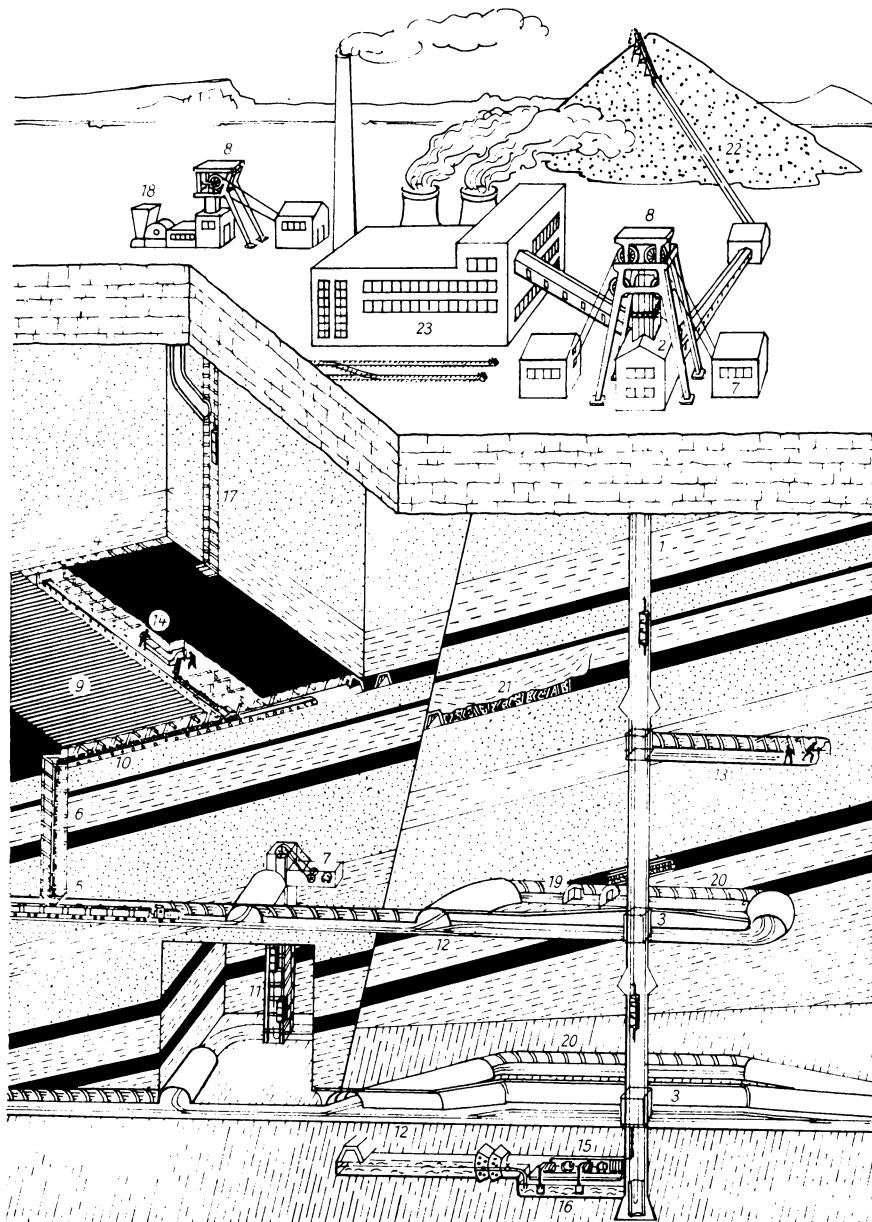
3) Mit dem Abbau werden die Grubenbaue (Abbauräume, Abbaukammern) für die unmittelbare Gewinnung der nutzbaren Minerale aufgeföhren. Jeder Abbaubabschnitt wird im Vor- und Rückbau bzw. kombiniert in bestimmter Richtung — Abbaurichtung und Verbiebrichtung — abgebaut. Unter Abbaurichtung versteht man die Richtung der Abbauentwicklung, bezogen auf Streichen und Einfallen der Lagerstätte, und zwar schwebend, fallend, streichend, diagonal oder querschlägig. Verbiebrichtung ist die Richtung des → Verbiebes, bezogen auf Streichen und Einfallen der Lagerstätte (z. B.

schwebend, streichend). Verhieb- und Abbaurichtung können übereinstimmen oder unterschiedlich sein. Nach vorläufiger Sicherung des Daches wird der Abbau nach folgenden Abbauverfahren vorgenommen:

a) Abbauverfahren mit offenem Abbauraum, b) Abbauverfahren mit planmäßiger, möglichst vollständiger Magazinierung des Haufwerks im Abbauraum, c) Abbauverfahren mit unmittelbar der Gewinnung folgendem, möglichst vollständigem Versatz, d) Abbauverfahren mit planmäßigem, bleibendem Ausbau, e) Abbauverfahren mit planmäßigem Zubruchwerfen des

Daches. Innerhalb dieser Hauptgruppen können die vielseitigsten Bauformen und Abbauweisen angewendet werden; wesentlich sind z. B. Weitungsbaue, Kammerbau, Pfeilerbau, Strebbaue, Stoßbaue, Firstenbaue, Strossenbaue, Scheibenbaue, Teilsohlenbaue, Blockbaue, Schrägbaue, Querbau. Abbauverfahren oder -methode richten sich nach Mineralart und Ausbildung der Lagerstätte und des Nebengesteins.

Steinkohle wird in der Regel im Strebbaue (Langfrontabbau) abgebaut. Man arbeitet mit Voll-



Steinkohlenbergwerk. 1 Schacht, 2 Hängebank, 3 Füllort, 4 Strecke, 5 Rolle, 6 Bunker, 7 Fördermaschinenhaus, 8 Seilscheibengerüst, 9 Versatz, 10 Gurtbandförderer, 11 Blindschacht, 12 Sohle, 13 Zwischensohle, 14 Streb mit Kombine, 15 Pumpenraum, 16 Pumpensumpf, 17 Wetterschacht, 18 Lüfter, 19 Wettertür, 20 Schachtaufahrung, 21 Alter Mann, 22 Bergehalde, 23 Aufbereitung

versatz oder Teilversatz (→ Versatz). Im *Gangerzbergbau*, z. B. im Erzgebirge, Harz, Siegerland, werden in der Regel der Firsten-, der Firstenstoß- oder der Magazinbau angewendet. Im *Flözbergbau* wendet man bei geringem Einfallen ebenso wie in der Steinkohle den Strebbau oder seltener den Stoßbau an. Beim Strebbau im Mansfelder Kupferschieferbergbau ist ein etwa 80 m langer bogenförmiger Streb üblich, bei dem man den Gebirgsdruck ausnutzt. Neuerdings versucht man den Geradstreb einzuführen. Bei beiden Abbaumethoden wird der leere Strebraum von Hand vollversetzt. Bei unregelmäßiger Vererzung sowie standfestem Erz und Nebengestein wird verschiedentlich noch der Weitungsbaubetrieb. Der Abbau der *Braunkohle* ist stets ein Bruchbau. Die gebräuchlichste in Weichkohle angewendete Methode ist der Pfeilerbruchbau (→ Pfeiler). In Hartkohle wählt man den Kammerbruchbau, einen Kammerbau mit Zuberwerfen des Hangenden, bei dem ebenfalls Pfeiler belassen werden müssen, oder den Kurzstrebbruchbau, der dem Strebbau in Steinkohle und Kupferschiefer ähnelt und eine stärkere Mechanisierung ermöglicht als der Pfeilerbruchbau. Im *Salzbergbau* läßt man überwiegend Pfeiler (Salzfesten) zwischen den einzelnen Abbaukammern stehen. Die Abbaukammern unterscheiden sich von den in anderen Bergbauweisen üblichen Abbauräumen durch ihre enorme Größe. In Kalilagern mit flachem Einfallen haben sie meist bis zu 200 m Länge, bis zu 15 m Breite und je nach der Flözmächtigkeit bis zu 12 m Höhe (Pfeilerbreite 8 bis 12 m). Im Werragebiet treibt man die Abbaue wie Strecken vor, gewinnt also das Salz stets vor Ort und spricht deshalb von *Orterbau*. In steilen Kalilagern treibt man *Firstenkammer- oder Steilfirstenbau*.

In allen Bergbauweisen strebt man den *Oberwerksbau* an, bei dem das Aufwerk auf die tieferliegende Fördersohle herabgeführt werden kann, während es beim *Unterwerksbau* zu einer Fördersohle hochgeführt werden muß.

4) Durch die Gewinnung wird das Gestein aus seinem festen Gebirgsverband herausgelöst, so daß es abgefördert werden kann. *Steinkohle* wird im allgemeinen durch Herausbrechen mit dem Abbauhammer gewonnen, bei günstiger Lagerung mit Hilfe von → Kohlenhobel, Schrämmaschinen (→ Schrämen) oder anderen spanend arbeitenden Maschinen. Vielfach verwendet man auch kombinierte Gewinnungs- und Lademaschinen, wie die → Kohlenkombi und den → Walzenschrämlader. Beim Einsatz solcher Maschinen und maschineller Strebfördermittel setzt man am Stoß selbst keine Stempel, sondern versieht die hinter dem Fördermittel stehenden Stempel mit langen freitragenden Kappen (*stempelfreie Abbaufrente*). In fester Kohle erfolgt die Gewinnung oft durch Bohren und Sprengen. Beim Sprengen muß stets zuerst ein *Einbruch* in das Gebirge erzielt werden, um eine freie Fläche zum Abklappen des Gesteins zu schaffen. In verschiedenen Ländern ist auch die Gewinnung mit Hilfe eines starken Wasserstrahls üblich (→ hydromechanische Gewinnung). *Gangerze* und *Salze* werden ebenfalls durch Bohr- und Sprengarbeit gewonnen, wobei man zum Bohren im Gangerzbergbau Schlagbohrmaschinen und im Salzbergbau Drehbohrmaschinen (→ Gesteinsbohrmaschine) verwendet. Im *Flözbergbau* wird das Erz mit Abbauhämmern und das anstehende Gestein durch Bohr- und Sprengarbeit hereingewonnen. Im Geradstreb des Mansfelder Kupferschieferbergbaus setzt man besonders konstruierte Gewinnungsmaschinen ein. Erze in jungen Seifen, die dicht unter der Erdoberfläche liegen, werden teilweise hydromechanisch gewonnen. *Braunkohle* wird durch Hacken, Bohr- und Sprengarbeit oder maschinell z. B. durch Schrämarbeit abgebaut.

Sonderformen der Gewinnung sind das → Aus-solen von Salzlagern sowie die → Untertagevergasung von Steinkohlenlagern.

5) Durch den Grubenausbau sollen die Grubenbaue vor Einsturz bewahrt und die unter Tage arbeitenden Menschen vor Gefährdung durch hereinbrechendes Gestein geschützt werden. Für den Ausbau werden hauptsächlich Holz-, Stahl- und Leichtmetallstempel sowie Mauerwerk benutzt; bevorzugt wird Nadelholz seiner Wurfbarkeit wegen (es knackt leicht beim Einsetzen des Gebirgsdruckes). Im Streb werden hölzerne Stempel mit Schalzhölzern (Halbhölzer) und Spitzenverzug oder Stahlstempel mit stählernen Kappen eingebaut, die zurückgewonnen werden, ehe der Versatz eingebracht oder das Hangende zu Bruch geworfen wird. Heute bestehen diese Stempel häufig aus Leichtmetall. Strecken, Füllörter, Streckenabzweige werden in Mauerung aus Ziegel- oder Formsteinen, Bergedämme, Rolllöcher und Abspermmauern für abgelegte Grubenbaue in Trockenmauerung ausgebaut. Weiteres über Streckenausbau → Strecke.

6) Unter Förderung versteht man alle über und unter Tage anfallenden Transportarbeiten. Die Abbauförderung, d. h. der Abtransport des gewonnenen Aufwerkes aus dem Abbau, erfolgt vor allem mit → Bandförderern, → Panzerförderern, → Kratzerförderern, → Rutschen, → Schrapfern, Bremsförderern (→ Panzerförderer) oder mit dieselgetriebenen Schwerlastfahrzeugen. Reicht die Abbauförderung nicht bis zur Hauptförderstrecke, so wird eine Zwischenförderung eingeschaltet. Man verwendet dabei dieselben Fördermittel wie in der Abbauförderung oder fördert das Aufwerk durch Rolllöcher oder in Förderwagen über einen → Blindschacht oder → Bremsberg zur Hauptförderstrecke. Für die Streckenförderung werden fast ausschließlich → Förderwagen und → Gurtbandförderer benutzt. Letztere sind mitunter mehrere Kilometer lang. Die Förderwagen werden zu Zügen zusammengestellt, die dann von Fahrdräht-, Akkumulatoren- oder seltener Druckluft- und Diesellokomotiven (bis 75 kW bzw. 90 PS) zum Schacht gefahren werden. In kleinen Gruben und z. T. noch im Salzbergbau ist die Seilbahnförderung zu finden, bei der die Förderwagen einzeln oder in kurzen Zügen an ein endloses Seil geschlagen werden, das von einem elektromotorischen Antrieb bewegt wird. Ähnlich arbeiten → Kettenförderer. Die Schachtförderung hebt die gewonnenen Massen zutage und schafft die in der Grube benötigten Betriebsmittel und Versatzmengen von über Tage aus in die Grube. Die Verbindungsstellen der Schachtförderung mit der söhligem Förderung sind über Tage die → Hängebank und unter Tage das → Füllort. Weiteres über Förderung → Schachtförderanlage.

7) Mit der Wasserhaltung wird durch elektrisch angetriebene Pumpen das Bergwerk von zusitzendem (zufließendem) Wasser freigehalten und so das Ersaufen der Grube verhindert. Die Pumpen sind auf der tiefsten Sohle in seitlich vom Schacht angeordneten Pumpenkammern aufgestellt. Sie fördern das an der tiefsten Stelle des Schachtes, dem Schachtsumpf, gesammelte Wasser nach über Tage.

8) Die Wetterführung (Wetterwirtschaft) dient der Versorgung aller Grubenbaue mit frischen Wettern. Sehr große, meist über Tage aufgestellte Ventilatoren drücken frische Luft in die Grubenräume (blasende Bewetterung) oder saugen die verbrauchte Luft heraus (saugende Bewetterung; heute allgemein üblich). Die Frischwetter fallen im Einziehschacht bis zur tiefsten Sohle, werden von hier aus planmäßig (nach Wetterriß und -stammbaum) durch Einbau von Wettertüren, -brücken, -scheiden u. a. auf die einzelnen Grubenbaue nach de-

ren Belegschaftsstärke verteilt, sammeln sich auf der höchstgelegenen Sohle (Wettersohle) und gelangen durch den ausziehenden Schacht (Wetterschacht) nach über Tage. Ortsbetriebe, wie Streckenvortriebe, Abbaue u. a., die noch nicht in den Wetterkreislauf eingeordnet werden können, bewettet man mit Hilfe von → Lutten und in diese eingebauten blasenden oder saugenden Luttenlüftern.

9) An Gefahren können Steinschlag, Gebirgsschläge (→ Gebirge), Gasausbrüche (Kohlendioxid, Methan, Wasserstoff u. a.), Wassereintritte, Zusammenbrechen ganzer Abbauorte, schlagende → Wetter und Kohlenstaubexplosionen (→ Kohlenstaub, → Explosion) sowie → Grubenbrände drohen. Die Anlage von Bergwerken kann *Bergschäden* verursachen, eine Folge der durch die Hohlräume hervorgerufenen Gebirgsbewegungen (gestörtes Gleichgewicht). Die im Steinkohlenbergbau verbreitetsten Abbaufahrten rufen auf jeden Fall eine Absenkung des Haupthangenden hervor, die sich bis zur Tagesoberfläche fortsetzt. Ein Offenhalten der Räume ist bei diesen Gesteinsschichten nicht möglich, und ein „Totlaufen“ des Bruches tritt nicht ein. Im Gegensatz dazu sind z. B. im Steinsalz offene Grubenräume von ungeheuren Abmessungen möglich (Kammern von über 2 Millionen m³ Inhalt).

Über Rettungsmaßnahmen bei Unfällen im U. → Grubenrettungswesen.

Lit. Ahrens: Allgemeine Bergbaukunde (Leipzig 1901); Fritzsche: Lehrb. der Bergbaukunde, 2 Bde (Berlin, Göttingen, Heidelberg, Bd 1 10. Aufl. 1961, Bd 2 10. Aufl. 1962); Hoffmann: Technologie des Steinkohlenbergbaus (Leipzig 1963); Jungmans: Technologie des Kali- und Steinsalzbergbaus (Leipzig 1964); Allgemeiner Arbeitsschutz und technische Sicherheit (Freiberg 1966); Neumann, Pläschke, Sonnemann: Wetterlehre und Grubenbrandbekämpfung (Leipzig 1963); Paetzold: Geologie für den Bergmann (3. Aufl. Leipzig 1966); Taschenb. von der Bergmann, Bd 3: Tiefbau (Leipzig 1962); Zeitschr. Bergakademie (Berlin), Bergbau-technik (Berlin), Freiburger Forschungshefte (Berlin); → Bergbau.

Untertagevergasung, ein Verfahren zur Vergasung abbauwürdiger Kohle am Ort ihrer Entsehung. Die ersten Versuche wurden in der UdSSR durchgeführt, später auch in den USA, in England und anderen Staaten. Das Flöz wird von über Tage aus an mehreren Stellen in bestimmten Abständen angebohrt, die Kohle durch Raketen u. dgl. in einem Bohrloch entzündet und in dieses mit einem Ventilator gleichzeitig Luft eingeblasen. Das gebildete Kohlenoxidgas entweicht durch die übrigen Bohrlöcher, wobei der Weg von Luft und Gas in den Bohrlöchern zeitweilig wechselt, und wird über Tage Verarbeitungsanlagen zugeführt. Ist die Lagerstätte bereits erschlossen, so wird sie mit drei Strecken umfahren; auf zwei Strecken sind Bohrlöcher niedergebracht. Durch eines dieser Löcher wird in die Lagerstätte heiße Luft gedrückt, die sich mit dem Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid verbindet, das durch das zweite Bohrloch abgesaugt wird.

Unterwasserhorchgeräte, → hydroakustische Stationen.

Unterwasserphotographie, ein Spezialgebiet der Photographie. Für Unterwasserphotoaufnahmen eignen sich in erster Linie nur Gewässer mit einer horizontalen Unterwassersicht von mehr als 3 m. Die maximal mögliche Aufnahmeentfernung beträgt etwa die Hälfte der horizontalen Unterwassersicht. Bei der U. ist zu beachten, daß mit zunehmender Wassertiefe die Tageslichtintensität, besonders der Rotanteil des Lichts, stark abnimmt. Ferner verringert sich durch das höhere Brechungsverhältnis des Wassers ($n_w = 1,33$) gegenüber der Luft die an der Kamera einzustellende Aufnahmeentfernung auf etwa $\frac{2}{3}$ gegenüber der gemessenen Distanz; der Bildwinkel wird ebenfalls etwas verkleinert. Günstig sind deshalb

lichtstarke Weitwinkelobjektive. Farbaufnahmen in mehr als 3 m Tiefe mit einem Aufnahmeabstand von mehr als 2 m erfordern künstliche Lichtquellen, z. B. Photoblitzlampen, mit Glühlampen bestückte Scheinwerfer oder Elektronenblitzgeräte.

Unterwasserkameras haben ein wasserdichtes, druckfestes Gehäuse. Auslöser, Verschlussspanner und Filmtransport werden in der Regel von außen bedient. Einige Konstruktionen sind zur ruhigen Kameraführung mit Stabilisierungsflossen ähnlich dem Leitwerk eines Flugzeuges ausgerüstet. Für Aufnahmen in flachem Wasser genügt es, wenn sich die Kamera in einem wasserdichten, verschließbaren und mit einem Glasfenster versehenen Gummi- oder Plastbeutel befindet.

Lit. Richter: U. und Fernsehen (Halle 1960); Rauchs: Wir fotografieren unter Wasser (Berlin 1963); Ztschr. Poseidon (Berlin).

Unterwerk, in der elektrischen Zugförderung eine Anlage zur Umwandlung und Verteilung der Elektroenergie auf die Fahrleitung. Bei Wechselstromzugförderung wird die über Fernleitungen herangeführte Energie auf die Fahrleitungsspannung abgespannt und über *Streckenschalter* in die einzelnen Fahrleitungsabschnitte eingespeist. Bei Gleichstromförderung muß der ankommende Wechselstrom zusätzlich gleichgerichtet werden.

Den U.en obliegen außer der Speisung des Fahrleitungsnetzes auch der Schutz der Fahrleitungen gegen Überlastung und Kurzschlüsse und die Überwachung des Schaltungszustandes. U.e sind deshalb mit den entsprechenden Schutz- und Prüfeinrichtungen ausgerüstet. Sämtliche Fahrleitungsschalter entlang der Strecke werden vom Unterwerk aus ferngesteuert. Zur Personaleinsparung werden kleinere U.e in zunehmendem Maße von einem zentralen U. ferngesteuert.

Der Abstand der U.e entlang der Strecke beträgt bei Wechselstromzugförderung 60 bis 80 km, bei Gleichstromzugförderung 20 bis 30 km, bei Stadtschnellbahnen mit Stromschienenspeisung 1 bis 5 km.

Unterwerksbau, → Untertagebau.

Unterzug, im Bauwesen ein Träger, der die Last einer Wand, Decke oder Balkenlage aufnimmt und über die Trägersauflager auf Pfeiler oder Wände überträgt.

Unwucht, → Auswuchten.

UR, Abk. für Ultrarot, → Infrarot.

Uran, Symbol U, radioaktives chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der → Aktinide, Schwermetall; Ordnungszahl 92, Massenzahlen der natürlichen Isotope 238 (Uran I, 99,276 %), 235 (Aktinouran, 0,718 %), 234 (Uran II, 0,0056 %), Massenzahlen der künstlichen Isotope 227 bis 240, Atomgewicht 238,03 (bezogen auf ¹²C), Wertigkeit meist IV, VI, seltener II, III, V, D. 18,685 g cm⁻³, F. 1130 °C, Kp. 3500 °C; 1789 von Klaproth in Form des Uranoxids entdeckt, erst 1841 von Péligot als Metall dargestellt.

Das Isotop ²³⁸U (Uran I), dessen Zerfallsprodukt ²³⁴U (Uran II) ist, steht am Anfang der Uran-Radium-Zerfallsreihe. Das Isotop ²³⁵U (Aktinouran) ist Ausgangssubstanz der Uran-Aktinium-Zerfallsreihe (→ Radioaktivität).

U. ist ein graues, glänzendes, ziemlich weiches, im Aussehen dem Eisen sehr ähnliches Metall. Es reagiert mit Wasser und Säuren, gegen Laugen ist es unempfindlich. In der Natur kommt es nicht gediegen, sondern nur in Verbindungen vor (→ Uranminerale). Alle Uranminerale enthalten die Zwischen- und Endprodukte des radioaktiven Zerfalls, z. B. Radium und Blei. Die Abbaubarkeit einer Uranlagerstätte beginnt heute bei einem Gehalt von 0,1 % Triuranoktoid U₃O₈ im Erz (Clarke-Konzentration). Der Wert kann noch darunter liegen, wenn andere wichtige Me-

talle im Erz enthalten sind. Nach einem der neuesten Verfahren werden angereicherte Uranerze durch Laugung mit Ammoniumkarbonat unter Druck aufgeschlossen, wobei lösliche Uran-karbonatkomplexe gebildet werden, die anschließend unter Druck in Uran(VI)-oxid UO_3 , Ammoniak und Kohlendioxid aufspalten. UO_3 kann durch Einwirkung von Chlor und Kohlenstoff in Urantetrachlorid UCl_4 übergeführt werden, das mit Natrium im Hochvakuumofen gegliht und dadurch zu metallischem U. reduziert wird. Auch kann metallisches U. durch Schmelzflusselektrolyse z. B. von Kaliumuranfluorid KUF_5 oder Natriumuranchlorid Na_2UCl_6 hergestellt werden. U. wird heute in großen Mengen hergestellt und dient zur Energieerzeugung in Atomkraftanlagen, zur Herstellung von Atomwaffen sowie zur Darstellung von Radioindikatoren und Transuranen.

Uranverbindungen. Uran(VI)-oxid (Urantrioxid), UO_3 , das wichtigste Oxid, ein orangefarbenes bis ziegelrotes Pulver, es zeigt amphoteren Charakter, mit Basen bildet es die **Uranate**, mit Säuren die **Uranyl-salze** (z. B. Uranylacetat, das in der Photochemie, als Fällungsmittel für Eiweiß und Kontrastmittel in der Elektronenmikroskopie verwendet wird, und Uranyl-nitrat, das z. B. in der Photographie zum Verstärken und Tönen photographischer Platten dient); weitere Oxide sind das Uran(IV)-oxid (Urandioxid), UO_2 , ein braunschwarzes Pulver, und Uran(IV,VI)-oxid (Triuranoktoxid), U_3O_8 , ein grünes bis schwarzes Pulver, kommt in der Natur als Uranpecherz vor. — Die Moleküle des leichtflüchtigen Uran(VI)-fluorids (Uranhexafluorid), UF_6 , haben je nach der Massenzahl des gebundenen Uranatoms etwas verschiedene Diffusionsgeschwindigkeiten. Deshalb dient UF_6 zur Trennung der Isotope ^{235}U und ^{238}U nach dem Gasdiffusionsverfahren. — Die Uranverbindungen sind z. T. giftig und schwach radioaktiv, für Kernreaktionen geeignet. Gelegentlich wird Eisen zur Herstellung von pyrophoren Legierungen und Spezialstählen mit U. legiert.

Uranminerale, eine Gruppe von Mineralen, die in Form von Oxiden, Karbonaten, Sulfaten, Phosphaten, Vanadaten und Silikaten vorkommen. Man findet U. auf hydrothermalen Lagerstätten in Gängen mit Silber-Kobalt-Nickel-Wismut-Erzen vergesellschaftet, in Pegmatiten, imprägniert in Sand- und Kalksteinen und Ölschiefern. Es sind von den über 150 bekannten U. n. nur einige wenige wirtschaftlich bedeutend. Am wichtigsten ist **Uranpecherz**, ein stark radioaktives Mineral, im wesentlichen U_3O_8 , entstanden als Urandioxid UO_3 mit Fluoritgitter. Es kann neben den Elementen des radioaktiven Zerfalls besonders Seltenerdmetalle und nichtradioactives Thorium enthalten; seine Farbe ist pechschwarz, grünlich, bräunlich oder grau angelauten. Man unterscheidet zwei Varietäten 1) **Pechblende** besteht aus kryptokristallinen, dichten Massen; Härte nach Mohs 3 bis 5, D. 9,0 bis 9,7 g cm^{-3} . Charakteristisch ist der niedrige Thoriumgehalt. 2) **Uraninit** bildet meist würfelige, seltener oktaedrische Kristalle; Härte nach Mohs 6 bis 7, D. ebenfalls 9 bis 9,7 g cm^{-3} . Der Thoriumgehalt kann bis 1,5% erreichen.

Durch Verwitterung und radioaktiven Zerfall bilden sich eine Anzahl grellgelbe, orange, rot und grün gefärbte Uranhydroxide, Bleiuranate, Kupfer- und Bleiuranophosphate, Uransilikate. Sammelnamen für Verwitterungsprodukte von Uranpecherz sind **Uranocker** oder **Gummit**, für sekundäre U. **Uranblüte** oder **Uranoflorescit**. In letzterer Gruppe treten häufig die Uranglimmer auf, z. B. der **Torbernit** oder **Kupferuran-glimmer** $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (smaragdgrün) und der **Autunit** oder **Kalkuran-glimmer** $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (n bis 6; grüngelb bis gelb). Als Ver-

witterungsprodukte sind auch die als Imprägnationen in Sand- und Kalksteinen auftretenden Uranovanadate wichtig, vor allem **Karnotit**, $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (gelb bis grüngelb), aus dem außer Uran auch häufig Vanadin gewonnen wird.

Lit. Watznauer: Uranlagerstätten der Erde (Berlin 1957).

Uranpecherz, → Uranminerale.

Uranus, ein Planet, Zeichen Υ . Mit bloßem Auge ist U. als Stern 6. Größe gerade noch erkennbar. Sein Äquatordurchmesser beträgt 47 600 km. Von der Sonne ist er 2872 Millionen km, von der Erde zwischen 2587 und 3149 Millionen km entfernt. Dem Aufbau nach ähnelt U. Jupiter und Saturn. Die Oberflächentemperatur liegt wahrscheinlich bei -180°C . U. hat 5 Monde (→ Satellit). Aus seiner Bahnabweichung schlossen Leverrier und Adams auf das Vorhandensein eines weiteren Planeten, der 1846 von Galle entdeckt wurde und den Namen Neptun erhielt. U. wurde 1781 von W. Herschel entdeckt. Weiteres → Planet, Übers.

Urdoxwiderstand, ein → Heißleiter.

Ureide, kristalline Verbindungen des Harnstoffs mit organischen Säuren; sie entsprechen in ihrem Aufbau den Säureamiden. Ein einfaches Ureid der Essigsäure ist z. B. der Azetyl-harnstoff, $\text{CH}_3\text{—CO—NH—CO—NH}_2$. Das wichtigste zyklische Ureid ist die Barbitursäure (Malonylharnstoff), von der sich wichtige Schlafmittel ableiten.

Urethane, $\text{O}=\text{C}\begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \text{OR} \end{matrix}$, die Ester der Karba-

midsäure $\text{NH}_2\text{—COOH}$. Die U. sind im allgemeinen gut kristallisierende Verbindungen. Sie entstehen durch Umsetzung von Isozyanaten mit Alkoholen oder von Chlorameisensäureestern mit Ammoniak. Von technischer Bedeutung sind die polymeren U., die → Polyurethane. Einzelne U., z. B. das **Äthylurethan** ($\text{R} = \text{C}_2\text{H}_5$), sind Zytostatika, d. s. Substanzen, die die Zellvermehrung hemmen.

Urformen, eine Hauptgruppe der → Fertigungsverfahren zur erstmaligen Erzeugung einer festen Werkstückgestalt durch Herstellung von Bindungen zwischen formlosen Stoffelementen. Die Verfahren der Urformtechnik sind Pulverpressen, Faserpressen, Heißpressen (Druck-sintern), Sintern, U. durch Flamm-spritzen, Gießen, ferner Pressen, Spritzpressen, Strangpressen und Spritzgießen von Platten, galvanisches U. **Urotropin**, Wz., svw. → Hexamethylentetramin.

Urspannung, → elektromotorische Kraft.

Urstromtäler, große Talungen ostwestlicher Haupttrichtung in Polen, der DDR und Westdeutschland, die beim Rückzug des die nördlichen Gebiete im Pleistozän bedeckenden Inlandsees entstanden. Während der Stillstandsstadien des Inlandsees bildeten sich vor dessen Rändern Schmelzwasserströme, die parallel zu den Eisrändern in westlicher Haupttrichtung, also nach der Unterelbe abfloßen. Als Hauptstromtäler sind bekannt die U. von 1) Wrocław nach Magdeburg, 2) Glogów nach Baruth, 3) Warschau nach Berlin und 4) Toruń nach Eberswalde. Die U. werden meist in der Gegenwart noch von Flüssen benutzt und haben somit die Gestaltung des Gewässernetzes des betreffenden Gebietes maßgeblich beeinflusst. Als Grundwasserleiter spielen sie für die Wasserversorgung eine wichtige Rolle.

Urtitersubstanz, formelreine chemische Verbindung, die zum Einstellen analytischer Maßlösungen in der Volumetrie dient. U. sind z. B. kristallwasserfreies Natriumkarbonat, Natriumoxalat, Silbernitrat und Kaliumjodat.

U/s, Kurzsz. für Umdrehung/Sekunde, → Umdrehung.

US, Abk. für → Ultraschall.

U-Straßenbahn, eine unter der Straßenoberfläche in einem Tunnel geführte Straßenbahn zur vertikalen Trennung des Straßenbahnverkehrs vom übrigen Straßenverkehr. Die U-Straßenbahn-Strecken werden wegen der hohen Baukosten nur im Stadtzentrum errichtet, sie bleiben Bestandteil des Straßenbahnnetzes. Am Rand des Stadtkernes erfolgt über Rampen der Anschluß an das Oberflächennetz in den Außenbezirken. U-Straßenbahnen werden mit den üblichen Straßenbahnfahrzeugen betrieben, der Einsatz von Einrichtungsfahrzeugen erfordert im Tunnel Außenbahnsteige oder Linksverkehr. Im allgemeinen wird auf Sicht gefahren, lediglich an besonders unübersichtlichen Streckenabschnitten und vor Gefahrenpunkten werden Signale aufgestellt. Bahnsteige bis zur Höhe der ersten Tritstufe sind erwünscht.

U-Straßenbahnen werden errichtet entweder in Straßenbahnmanier (höhengleiche Kreuzungen und Abzweigungen, enge Kurvenradien, geringer Haltestellenlängen, Parallelführung mehrerer Strecken), in U-Bahnmanier (niveaufreie Kreuzungen und Abzweigungen, große Kurvenradien, Bündelung von Linien im Tunnel unter Verzicht auf vorhandene Gleisverbindungen) oder aber in U-Bahnmanier mit vorgesehenem Ausbau zur Metro (lange, durchgehende Tunnelstrecken, Lichtraum für Metrofahrzeuge, entsprechender Ausbau der Bahnhofsanlagen, Verwendung von Mittelbahnsteigen).

UV, Abk. für Ultraviolett.

UV-Standardlampe, eine → Metaldampflampe.

Uwarowit, → Granate.

v, Zeichen für → Geschwindigkeit.

V, 1) Kurzsz. für → Volt. **2)** Symbol für → Vanadin. **3)** *V*, Zeichen für → Rauminhalt. **4)** *V*, Zeichen für → magnetische Spannung.

VA, Kurzsz. für → Voltampere.

vados, Bezeichnung für das innerhalb der Erdkruste zirkulierende Wasser, das von der Oberfläche her gespeist wird. V.es Wasser tritt in Quellen wieder zutage. Gegensatz: → juvenil.

Vakuum, ein annähernd luftleerer Raum. Das *V*. enthält eine geringere Anzahl (*n*) Gasmoleküle je Einheit (*l*) des Volumens als bei der gleichen Temperatur unter Atmosphärendruck (760 Torr). Auf Grund des Gasgesetzes $p = nkT$, wobei *p* = Gasdruck, *T* = absolute Temperatur, *k* = Boltzmannsche Konstante (10,35 Torr l grd⁻¹), herrscht im *V*. ein niedrigerer Druck als der Atmosphärendruck. Die bisher erzeugten niedrigsten Drücke betragen etwa 10⁻¹⁵ Torr.

Je nach dem Druck unterscheidet man Teilbereiche (Tab.). Kennzeichnende Größen dieser Teilbereiche sind die Anzahl der Moleküle je Einheit des Volumens und die mittlere freie Weglänge der Moleküle. Bei zunehmender Er-

höhung des *V*.s verringert sich die Anzahl der Moleküle, und die mittlere freie Weglänge nimmt zu. Im Hochvakuum ist bei dem betreffenden Druck die mittlere freie Weglänge größer als die linearen Abmessungen des Rezipienten, und es befinden sich mehr Moleküle in adsorbiertem Zustand auf den Wänden des Rezipienten als sich frei im Raum zwischen den Wänden bewegen. Im Ultrahoch- oder Höchstvakuum bewegen sich nur verhältnismäßig wenige Moleküle. Weiteres → Vakuumtechnik.

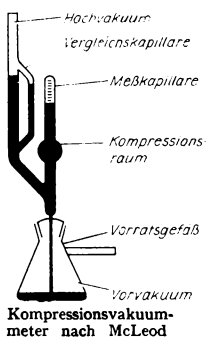
Vakuumheber, ein → Lastaufnahmemittel.

Vakuummetallurgie, zusammenfassende Bezeichnung für alle metallurgischen Prozesse (Metallgewinnung, Raffination und Gießen), die unter vermindertem Druck (bis 10⁻⁸ Torr) durchgeführt werden. Das Schmelzgefäß ist in einem Rezipienten eingeschlossen. Die Wärmezufuhr erfolgt elektrisch durch Widerstands-, Induktions- und Lichtbogenheizung oder mittels Elektronenstrahlen. Durch *V*. kann man hochschmelzende Metalle (Molybdän, Wolfram, Titan u. a.) in sehr reiner Form durch Umschmelzen erzeugen, Metalle entgasen und sauerstoffaffine Erdalkalimetalle gewinnen, z. B. Magnesium. Bei Vakuumentgasungsverfahren unterscheidet man zwischen dem **Gießstrahlverfahren**, bei dem der Gießstrahl in das Vakuum strömt und dort entgast wird, und dem **Schmelzelektrodenverfahren**, bei dem das zu schmelzende Metall als Elektrode eines Lichtbogens verwendet wird, die dann abschmilzt. Das Metall wird dabei entgast, tropft in eine gekühlte Kokille und erstarrt dort. Ein modernes Vakuum-schmelzverfahren ist das → Elektronenstrahlschmelzen.

Über das Aufdampfen von Metallen im Hochvakuum → Vakuumtechnik.

Vakuummeter, Geräte zum Messen niedriger Gas- und Dampfdrücke. Von 760 bis zu etwa 1 Torr benutzt man → Manometer, unterhalb von 1 Torr die folgenden *V*.: 1) Beim **Kompressionsvakuummeter nach McLeod** wird ein bestimmtes Gasvolumen mit dem zu messenden Druck mittels Quecksilbers abgesperrt und dadurch, daß man in dem Meßsystem das Quecksilber weiter steigen läßt, in eine Kapillare komprimiert, wodurch sich der Druck, unter dem das Gas steht, erhöht. Parallel zu der Meßkapillare ist eine gleichartige zweite Kapillare als Vergleichskapillare angeordnet, damit Fehler infolge verschiedener großer Kapillardepression vermieden werden. Aus der Höhendifferenz der beiden Menisken und dem Verhältnis der beiden Volumina nach und vor der Kompression ergibt sich nach dem Boyle-Mariotteschen Gesetz der zu messende Druck im Vakuum-system. Das Kompressionsvakuummeter ist zur Messung von Drücken bis herab zu 10⁻⁶ Torr verwendbar. Den Druck kondensierbarer Gase und Dämpfe zeigt es nicht richtig an. Mit ihm sind nur intermittierende Messungen möglich.

2) **Wärmeleitungsvakuummeter** benutzen die Abhängigkeit der Wärmeleitung von Gasen vom Druck, die auftritt, wenn die mittlere freie Weglänge mit den linearen Abmessungen der wärmeabführenden Teile des Systems vergleichbar wird. Bei konstanter Wärmezufuhr, die man durch elektrische Heizung eines Drahtes mit konstanter Stromstärke erreicht, ist dessen Temperatur ein Maß für den Druck. Beim **Pirani-Vakuummeter** wird zur Temperaturbestimmung der elektrische Widerstand des Drahtes benutzt, bei den **thermoelektrischen V.n** wird die Drahttemperatur mittels eines Thermoelements gemessen. Der Meßbereich reicht herab bis zu 10⁻⁸ Torr. Durch Verwendung eines Heißleiters mit hohem negativem Temperaturkoeffizienten kann der Meßbereich nach höheren Drücken (etwa 100 Torr) zu erweitert werden. Bis zu etwa



Vakuumkenngrößen

Vakuum-teilbereich	Druck (in Torr)	Anzahl der Moleküle (je cm ³)	mittlere freie Weglänge (in cm)
Grobvakuum	760...100	10 ¹⁸ ...10 ¹⁵	10 ⁻⁵ ...10 ⁻⁴
Zwischen-vakuum	100... 1	10 ¹⁵ ...10 ¹²	10 ⁻⁴ ...10 ⁻³
Feinvakuum	1...10 ⁻³	10 ¹² ...10 ¹⁰	10 ⁻³ ...10 ⁻¹
Hochvakuum	10 ⁻³ ...10 ⁻⁷	10 ¹⁰ ...10 ⁸	10 ⁻¹ ...10 ⁰
Ultrahoch- oder Höchst-vakuum	< 10 ⁻⁷	< 10 ⁸	> 10 ⁰

1000 Torr kann er durch erzwungene Konvektion erweitert werden, die man mittels einer in ihrer Eigenfrequenz erregten Zunge in Richtung der Heißeiteraufhängung erzeugt.

3) Das **Radiometervakuummeter nach Knudsen** nutzt zur Druckmessung den thermischen Molekulardruck aus, der zustande kommt, wenn die freie Weglänge der Gasmoleküle gegenüber allen Abständen im Meßsystem groß ist, die Moleküle also nur Zusammenstöße mit festen Wänden erleiden. Die Geschwindigkeit eines Moleküls ist dann allein bestimmt durch die Temperatur der Wand, von der es herkommt. Als Wände benutzt man zwei feste Platten, von denen sich die eine (*A*) auf einer höheren Temperatur T_2 befindet als die zweite (*C*) mit der Temperatur T_1 . Zwischen ihnen befindet sich eine dritte bewegliche Platte (*B*), deren Temperatur den Wert T_1 hat. Infolge der höheren Temperatur T_2 haben die von *A* kommenden Moleküle, die *B* treffen, eine größere Geschwindigkeit als die von *C* kommenden und *B* treffenden. Daher wird *B* in Richtung auf *C* zu verschoben. Die Druckkraft und also die Verschiebung ist abhängig von dem Verhältnis T_2/T_1 und von der Anzahl der Moleküle, die den Druck auf *B* erzeugen. Für $T_2/T_1 = \text{konst.}$ ist daher die Ablenkung von *B* über die Anzahl der Moleküle dem Druck proportional. Das Radiometervakuummeter weist einen Meßbereich bis zu etwa 10^{-7} Torr auf.

4) **Reibungsvakuummeter** benutzen die Erscheinung, daß die innere Reibung von Gasen druckabhängig wird, wenn die mittlere freie Weglänge die Größe der linearen Gefäßdimensionen erreicht. Zur Druckmessung wird die Dämpfung der Schwingungen eines frei hängenden Quarzfadens durch die Gasreibung verwendet. Die Halbwertszeit der gedämpften Schwingungen ist um so kleiner, je größer die Dämpfung, also je höher der Druck ist. Durch Anbringen eines dünnen Blättchens am unteren Ende eines Quarzdoppelfadens kann die Dämpfung erhöht werden. Der Meßbereich liegt zwischen 10^{-2} und 10^{-6} Torr.

5) **Ionisationsvakuummeter** werden zur Messung von Drücken unter 10^{-3} Torr vorzugsweise verwendet, da sie wegen ihrer geringen Größe unmittelbar an der Stelle angebracht werden können, an der der Druck gemessen werden soll, und erschütterungsunempfindlich sind. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß beim Durchgang geladener Teilchen (z. B. Elektronen) durch ein verdünntes Gas die je cm Weg erzeugte Zahl der Ionenpaare unter sonst ungeänderten Bedingungen proportional dem Gasdruck ist. Im normalen Ionisationsvakuummeter werden die Elektronen durch eine Glühkatode erzeugt und durch eine gitterförmige Anode beschleunigt, die Ionen werden durch einen gegen die Katode negativ vorgespannten Auffänger gesammelt. Im **Ionisationsvakuummeter nach Bayard-Alpert** befindet sich in der Mitte ein drahtförmiger Auffänger, den eine gitterförmige Anode umgibt. Außerhalb der Anode liegt die ring- oder zickzackförmig ausgebildete Katode. Der Meßbereich dieser Anordnung liegt zwischen 10^{-2} und 10^{-10} Torr. Im **Alphatron** werden die geladenen Teilchen durch ein Radiumpräparat in einer Ionisationskammer, in der der zum Auffänger fließende Strom dem Druck proportional ist, erzeugt. Der Meßbereich reicht von Atmosphärendruck bis zu 10^{-4} Torr. Im **Penning-(Philips-) Ionisationsvakuummeter** werden die geladenen Teilchen in einer selbständigen Glimmentladung erzeugt, die auch im Hochvakuum zustande kommt, wenn man mittels eines durch einen Permanentmagneten erzeugten Magnetfeldes den Elektronenweg hinreichend lang macht. In der Meßröhre stehen sich zwei Katenplatten parallel gegenüber. In der Mitte

zwischen ihnen ist als Anode für den Bereich von 10^{-3} bis 10^{-6} Torr ein rechteckiger Rahmen, für 10^{-4} bis 10^{-8} Torr ein Hohlzylinder angeordnet. Im **Redhead-Ionisationsvakuummeter** wird die selbständige Entladung mit einem dünnen Stäbchen als Katode, das die Mitten zweier senkrecht dazu stehender Scheiben verbindet, erzeugt. Koaxial zum Stäbchen liegt zwischen den Scheiben ein als Anode dienender Zylinder. Ein Permanentmagnet erzeugt in Richtung der Zylinderachse ein Magnetfeld. Infolge des zylindrischen Feldes laufen die vom Stäbchen ausgesandten Elektronen auf Zykloidenbahnen, während die Ionen sofort zur Katode wandern. Wegen des langen Elektronenweges und der hohen Beschleunigungsspannung von 4 kV ist der Ionenstrom sehr hoch und daher der Meßbereich der größte aller V., nämlich von 10^{-4} bis 10^{-12} Torr. Bis zu 10^{-10} ist der Zusammenhang zwischen Druck und Ionenstrom streng linear.

Lit. → Vakuumtechnik.

Vakuumpumpe, eine Arbeitsmaschine zum Absaugen von Luft (**Luftpumpe**) oder anderen Gasen aus Gefäßen zur Erzeugung des Vakuums (**Evakuieren**). Nach dem Arbeitsprinzip unterscheidet man mechanische Pumpen, Treibmittelpumpen und Getterpumpen. Man kann die V. auch nach dem Arbeitsbereich einteilen. **Vorvakuumumpen** haben einen Arbeitsbereich bis herunter zu 10^{-3} Torr. Sie erzeugen Grobvakua (760 bis 100 Torr), Zwischenvakua (100 bis 1 Torr) und Feinvakua (1 bis 10^{-3} Torr) bzw. das zum Betrieb von **Hochvakuumumpen** (Arbeitsbereich 10^{-3} bis 10^{-7} Torr) und **Ultra-hochvakuumumpen** (Arbeitsbereich $<10^{-7}$ Torr) erforderliche Vorvakuum. Kennzeichnende Werte der V.n sind die Sauggeschwindigkeit, d. i. das von der V. bei dem unmittelbar am Pumpstutzen herrschenden Druck in der Zeiteinheit geförderte Gasvolumen, und der mit der V. zu erreichende Enddruck; bei Hochvakuum- und Ultrahochvakuumumpen gibt man dazu noch das notwendige Vorvakuum an. Die im weiteren beschriebenen V.n werden zur Erzeugung folgender Vakua eingesetzt: Verdränger- und Flüssigkeitsstrahlpumpen für Grobvakua, Verdränger- und Dampfstrahlpumpen für Zwischenvakua, Wälzkolben- und Treibdampfumpen für Feinvakua, Diffusions-, Getter- und Molekularpumpen für Hoch- und Ultrahochvakua.

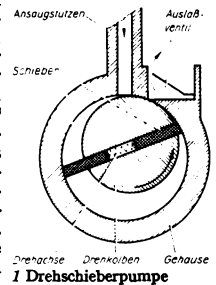
1) Die mechanischen V.n werden in Verdränger- und Turbopumpen gegliedert. a) **Verdrängerpumpen** saugen das Gas mit Hilfe von Kolben, Schiebern u. dgl. an, verdichten es und stoßen es in die Atmosphäre aus. Beim Ansaugvorgang (kleinstes Volumen) wird der Arbeitsraum (Schöpfraum) mit dem auszupumpenden Behälter (Rezipient) verbunden und nach Erreichen des größten Volumens von ihm abgetrennt. Beim Verdichtungsvorgang wird der Arbeitsraum kontinuierlich verkleinert und dadurch das Gas komprimiert. Am Schluß des Verdichtungsvorganges wird das Gas bei einstufigen V.n bei Erreichen von etwas über Atmosphärendruck über ein Überdruckventil in die Atmosphäre ausgestoßen oder bei mehrstufigen V.n ohne Ventil in den Schöpfraum einer Vorpumpe gefördert. Bei der **Hubkolbenpumpe** wird die Schöpfraumvolumenänderung durch einen in einem Zylinder hin- und hergehenden Kolben bewirkt. Sie wird für hohe Förderleistungen benutzt. Wegen des relativ großen „schädlichen Raumes“ (Raum, aus dem das komprimierte Gas nicht ausgestoßen wird) wird eine nicht unerhebliche Menge des angesaugten Gases nicht ausgestoßen, so daß Drücke unter $0,05$ Torr nicht erzielt werden. Bei der **Drehkolbenpumpe** wird die periodische Veränderung des Schöpfraumvolumens durch einen sich im Innern eines zylindrischen Gehäuses drehen-

den, exzentrisch gelagerten Kolben erreicht. Der Pumpvorgang umfaßt zwei Umdrehungen. Bei der **Drehschieberpumpe** (Abb. 1) bewegen sich in einem exzentrisch gelagerten, sich drehenden Kolben zwei Schieber senkrecht zur Kolbenachse und werden durch Federkraft an die Wandung eines zylindrischen Gehäuses gepreßt. Dadurch wird der Schöpfraum mit sichelförmigem Querschnitt abwechselnd vergrößert und verkleinert. Bei diesen beiden V.n wird durch eine Ölfüllung der „schädliche Raum“ verringert und eine bessere Abdichtung der Räume mit unterschiedlichen Drücken erreicht. Sie werden daher auch als **rotierende Ölpumpen** bezeichnet. Durch die Ölfüllung sowie durch Hintereinanderschalten zweier derartiger V.n werden Enddrücke von 10^{-2} bis 10^{-3} Torr erreicht. Die Förderleistungen liegen zwischen 0,6 und 1300 m^3 je Stunde. Drehkolben- und Drehschiebenpumpen werden häufig als **Gasballastpumpen** ausgeführt. Bei diesen wird dem Schöpfraum in jeder Pumpperiode eine gewisse Menge Luft (Gasballast) zugeführt, so daß der Partialdruck des Dampfes nur einen Teil des Gesamtdruckes beträgt. Dadurch wird eine Verflüssigung des Dampfes verhindert, der Dampf also aus der V. gespült, bevor er sich kondensiert. Bei der **Flüssigkeitsringpumpe** wird der Schöpfraum durch einen exzentrischen Kolben starr befestigte Flügel mit einem umlaufenden Flüssigkeitsring abgeschlossen. Bei der **Wälzkolbenpumpe** (**Rootspumpe**) drehen sich zwei Kolben mit biskuitförmigem Querschnitt in entgegengesetztem Drehsinn mit sehr hoher Geschwindigkeit, ohne daß sich ihre Flächen aneinander oder an der Gehäusewandung reiben. Die innere Reibung des Gases bewirkt in Verbindung mit der infolge der Kolbendrehung eintretenden Volumenänderung eine Förderwirkung. Das Verdichtungsverhältnis ist vom Ansaugdruck abhängig. Die von der Wälzkolbenpumpe geförderten Gasgemische müssen durch Gasballastpumpen auf Atmosphärendruck gebracht werden. Mit einer zweistufigen Wälzkolbenpumpe erreicht man Enddrücke von 10^{-4} Torr bei Förderleistungen von 10 bis zu über 5000 m^3 je Stunde. b) **Turbopumpen** übertragen durch schnell rotierende Scheiben oder Zylinder die Bewegungsenergie unmittelbar auf das zu fördernde Gas. Eine Erhöhung des Druckes an der Ausstoßseite kommt also unter der Wirkung des Staudrucks zustande. Bei höheren Drücken bewirkt die innere Reibung die Energieübertragung, bei niedrigen Drücken ruft das Haften der Gasmoleküle an den rotierenden Teilen eine Impulsübertragung auf, die die Scheibe verlassende Molekül hervor. Die **Molekularpumpe**, bei der sich ein aus Scheiben mit Schrägnuten bestehender Rotor mit 16000 Umdrehungen je Minute in einem Gehäuse dreht, erzeugt ein Endvakuum von 10^{-9} Torr. Je ein Scheibenpaar bildet eine Druckstufe. Die Schrägnuten erteilen in jeder Stufe den Gasmolekülen eine Beschleunigung in axialer Richtung. Mit einer zweistufigen Vorvakuumpumpe werden Sauggeschwindigkeiten bis zu 500 m^3 je Stunde erreicht.

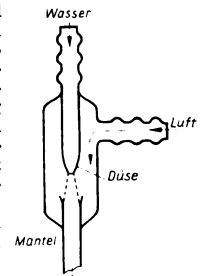
2) Bei **Treibmittelpumpen** (Strahlpumpen) strömt aus einer Düse (Treibdüse) ein Treibmittel (Wasser, Öl- oder Quecksilberdampf) mit mehr oder weniger hoher Geschwindigkeit aus und expandiert in der Düsenmündung, wodurch sich die Geschwindigkeit der Treibmittelteilchen erhöht. Hinter der Treibdüse wird das abzupumpende Gas über den Ansaugstutzen dem Treibmittel zugeführt. In einer in den Weg eingeschalteten Staudüse wird das Treibmittels-Gas-Gemisch unter Geschwindigkeitsverminderung komprimiert und eine Förderwirkung erreicht. a) **Flüssigkeitsstrahlpumpen** arbeiten mit hohen Dampfdrücken im Strahl. Bei der **Wasserstrahlpumpe** (Abb. 2) erreicht man ein End-

vakuum von etwa 20 Torr, dem Dampfdruck des Wassers entsprechend. Mit einem zweistufigen, aus einer Wasserstrahlpumpe als Vorvakuumpumpe und einer Wasserdampfstrahlendstufe bestehenden **Wasserdampfstrahlsauger** erreicht man Endvakua von einigen Torr. b) Zu den **Gasstrahlpumpen** gehören folgende Arten: **Dampfstrahlpumpen** arbeiten ebenfalls mit hohen Dampfdrücken im Strahl. Ihre Sauggeschwindigkeit ist mit 50 bis 1500 m^3 je Stunde gering, was darauf zurückzuführen ist, daß wegen der hohen Dampfdrücke das abzusaugende Gas nur in die äußersten Schichten des Strahles eindringt. Mit Öldampf erreicht man Endvakua von 10^{-3} Torr. **Treibdampfstrahlpumpen** arbeiten bei einem Vorvakuum von 10^{-2} bis 10^{-4} Torr und werden als Vorvakuumumpen für Diffusionspumpen verwendet. **Diffusionspumpen**, z. B. die **Quecksilberdiffusionspumpe** (Abb. 3), arbeiten mit verhältnismäßig niedrigen Dampfdrücken im Treibstrahl. Das Eindringen des Gases in das Strahlinnere erfolgt durch Diffusion, die zu einem Eindringen bis zur Strahlmitte führt. Daher ist die Sauggeschwindigkeit hoch. Mit großer Düsenfläche und mehreren hintereinandergeschalteten Systemen gelingt es, Sauggeschwindigkeiten bis zu 50000 l/s und mehr bei Endvakua von etwa $5 \cdot 10^{-7}$ Torr zu erreichen. Diffusionspumpen benötigen ein Vorvakuum von 10^{-1} Torr und weniger. Quecksilber ist als Treibmittel wegen seiner großen Beständigkeit (keine Zersetzung, keine Oxydation) sehr geeignet. Nachteilig ist der hohe Dampfdruck. Zur Erreichung niedrigerer Drücke müssen die Quecksilberdämpfe in Kühlfallen ausgefroren werden. Treibmittel auf organischer Basis, z. B. Silikonöle, besitzen Dampfdrücke zwischen 10^{-4} und 10^{-5} Torr, so daß wassergekühlte Dampfsperren (Baffles) ausreichend sind, um die rückströmenden Ölmoleküle vom Rezipienten fernzuhalten. Die Bildung von Zersetzungsprodukten, die das Endvakuum verschlechtern, wird durch Fraktioniereinrichtungen vermieden. Dabei werden die leicht flüchtigen Bestandteile in einem äußeren Siederaum in das Vorvakuum hinein verdampft. Das gereinigte Treibmittel gelangt dann in den mittleren Siederaum, in dem die am leichtesten verdampfbaren Bestandteile verdampfen. Die am schwersten verdampfbaren Komponenten gelangen schließlich in den inneren Siederaum.

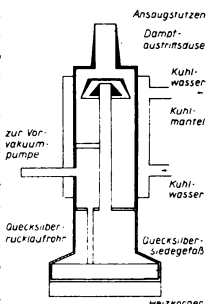
3) Bei **Getterpumpen** wird die Pumpwirkung durch gasbindende Stoffe (\rightarrow Getter) erreicht. Diese V.n dienen zur Erzeugung von Hoch- und Ultrahochvakua. Die verschiedenen Arten unterscheiden sich durch die zur Sorption verwendeten Stoffe und den der Sorptionsvorgang. a) **Sorptionspumpen** sind z. B. mit flüssiger Luft gekühlte, mit Kupferfolie gefüllte Gefäße (Kupferfallen). Eine wesentlich bessere Wirkung wird durch Füllung mit porösen Körpern mit großer adsorbierender Oberfläche, z. B. Aktivkohle (Explosionsgefahr bei Kühlung mit flüssiger Luft) und Molekularsieben, erzielt. b) Bei **Verdampferpumpen** erfolgt die Adsorption an einer Gettermetallschicht, die durch Verdampfen des Metalls hergestellt wird. c) Bei **Ionengetterpumpen** (Ionenpumpen) wird die Pumpwirkung dadurch erhöht, daß die Restgase ionisiert und die Ionen auf die Sorptionsfläche zu beschleunigt werden. Die Vorzugsrichtung und größere Auftreffenergie führen zu einer stärkeren Sorption des Restgases. Bei der **Ionenverdampferpumpe** wird gleichzeitig das Restgas ionisiert und das Gettermetall verdampft. Neben der erhöhten Pumpwirkung durch die Ionenerzeugung tritt noch eine verstärkte Gasbindung an den Molekülen des Getterdampfes auf. Durch Verwendung eines Magnetfeldes kann wegen der dadurch verursachten Verlängerung des Ionenweges die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens mit den Getterdampfmo-



1 Drehschieberpumpe



2 Wasserstrahlpumpe



3 Einstufige Quecksilberdiffusionspumpe

külen erhöht werden. Bei der **Ionenzerstäuberpumpe** bewirken die auf das als Kathode dienende Gettermaterial auftretenden, in einer Kaltkathodenentladung erzeugten Restgasionen eine Katodenzerstäubung, die zur Sorption führt. Zur Aufrechterhaltung der Entladung bei sehr niedrigen Drücken ist neben einer hinreichend hohen Spannung ein Magnetfeld erforderlich.

Zur Erzeugung von Drücken, die niedriger als 10^{-8} Torr sind, wird ein Vakuumssystem zunächst mit Vorvakuumumpumpen auf den für die Hoch- oder Ultrahochvakuumumpumpen erforderlichen Arbeitsdruckbereich (niedriger als 10^{-1} Torr) ausgepumpt. Dann schaltet man Hoch- oder Ultrahochvakuumumpumpen ein und friert die Treibmitteldämpfe und die kondensierbaren Restgase in \rightarrow Kühlfallen aus. Um ein Hochvakuum von etwa 10^{-8} Torr zu erreichen, muß man den Rezipienten durch Ausheizen entgasen. Eine Aufrechterhaltung und Verbesserung des Vakuums wird durch Kühlfallen und \rightarrow Getter erreicht.

Lit. Holland-Merten: Vakuum-Pumpen in der Verfahrenstechnik (Halle 1951); \rightarrow Vakuumtechnik.

Vakuumtechnik die Technik der Erzeugung (\rightarrow Vakuumpumpe) und Messung (\rightarrow Vakuummeter) des Vakuums sowie der Verfahren zur Anwendung des Vakuums. Entsprechend den Vakuumteilbereichen (\rightarrow Vakuum) gliedert man die V. in verschiedene Bereiche, von denen die **Hochvakuumtechnik** und die **Ultrahoch- oder Höchstvakuumtechnik** von besonderer Bedeutung sind.

Werkstoffe. In der Hochvakuumtechnik und in noch stärkerem Maße in der Ultrahochvakuumtechnik ist die Gasabgabe der Wände des Rezipienten von größter Bedeutung. Die Werkstoffe müssen daher hochvakuumdicht und durch Erhitzen entgasbar sein. Das früher ausschließlich verwendete Glas ist zunehmend durch Keramik, Metalle, z. B. Nickel und Kupfer, nichtrostende Stähle und Sonderlegierungen ersetzt worden. Metallische Werkstoffe sollen möglichst in hochglanzpoliertem Zustand eingesetzt werden, da dadurch das Haften der Gasmoleküle verringert wird. Für Ultrahochvakuumanordnungen werden doppelwandige Rezipienten mit evakuierbarem Zwischenraum verwendet.

Lecksuche. Die einfachste Methode zum Auffinden von Undichtheiten in Vakuumsystemen besteht darin, daß man die einzelnen Teile des Vakuumsystems durch Ventile absperrt und die Druckänderung in den Teilen mittels Vakuummetern verfolgt. Bei dem undichten Teil ist ein schneller Druckanstieg zu beobachten. Das modernste Verfahren besteht im Anschluß eines Massenspektrometers an die ausgepumpte Apparatur. Die einzelnen Teile des Systems werden mit Wasserstoff oder Helium besprüht; beim Auftreffen auf das Leck verursacht das in die Anlage diffundierende Wasserstoff- oder Heliumgas am Massenspektrometer einen Massenpik, aus dessen Intensität auf die Größe des Lecks geschlossen werden kann.

Anwendung. Die V. wird in der Industrie und bei physikalischen und chemischen Untersuchungen vielfältig angewandt. Ein wichtiger Zweig der V. ist die \rightarrow Vakuummetallurgie. In der chemischen, pharmazeutischen und Nahrungsmittelindustrie spielt die Vakuumtrocknung (\rightarrow Trocknung) eine Rolle. Ferner werden in der Chemie Vakuumdestillation, -kalzinieren, -sublimation, -filtration, -kristallisation und -kühlung angewandt. Die Hochvakuumtechnik ist von großer Bedeutung bei der Herstellung von Rundfunk-, Bild-, Elektronenstrahl-, Gasentladungs-, Gleichrichter- und Röntgenröhren, photoelektronischen Bauelementen und Glühlampen sowie bei der Vakuumaufdampfung und -verdampfung, z. B. bei der Herstellung von Spiegeln für Tele-

skope, Scheinwerfer, Projektoren u. a. durch Aufdampfen von Aluminium, bei der Verdampfung von Quarz als Schutzüberzug auf Glas oder als dünne Isolierschicht, bei der Herstellung von Gläsern mit erhöhter Lichtdurchlässigkeit durch Aufdampfen von Fluor oder anderen Stoffen mit niedrigem Brechungsindex, bei der Herstellung von Interferenzfiltern, dünnen Schichten auf Metallen, Kunststoffen und Textilien. Auch zum Betrieb von Massenspektrometern, Massenspektrographen, Elektronenmikroskopen, Hochspannungsanlagen für Kernumwandlungen, Teilchenbeschleunigern u. a. werden Hochvakua benötigt. Ultrahochvakua werden vor allem bei der Untersuchung sehr reiner Oberflächen-Elektronenemission von Metall- und Halbleiteroberflächen, der Feldemission, der Photoemission, der Oberflächenleitfähigkeit und der Eigenschaften von sehr reinen dünnen Schichten angewandt.

Lit. Buch: Einführung in die allgemeine V. (Stuttgart 1962); Eschbach: Praktikum der Hochvakuumtechnik (Leipzig 1962); Espe: Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik (Bd 1 Berlin 1959); Heinze: Einführung in die V. (Bd 1 Berlin 1955); Holland-Merten: Handb. der V. (3. Aufl. Halle 1953), Tabellenb. der Vakuumverfahrenstechnik in der Grundstoffindustrie (Leipzig 1964); Laporte: Hochvakuum (2. Aufl. Halle 1957); Mönch: Hochvakuumtechnik (Pöschel 1950), Neues und Bewährtes aus der Hochvakuumtechnik (2. Aufl. Berlin 1961).

Vakuumtrocknung, \rightarrow Trocknung.

Val, 1) swv. Grammäquivalent, \rightarrow Äquivalentgewicht. 2) Abk. für \rightarrow Valin.

Valentium, \rightarrow Silur.

Valenz, \rightarrow Bindung 1).

Valenzschwingung, Gegensatz der \rightarrow Deformationsschwingung.

Valeriansäuren, **Pentansäuren**, Monokarbonsäuren der allgemeinen Formel C_4H_9-COOH , von denen 4 Isomere existieren. Die **n-Valeriansäure** (**Baldriansäure**, Kp. $187^\circ C$) riecht ranzig und ist im Holzessig und im Schwelwasser der Braunkohledestillation enthalten. Einige ihrer Ester werden zur Herstellung von Aromastoffen (z. B. für Ananageschmack) und Parfüms verwendet. Die **Isovaleriansäure** (**Isobaldriansäure**, **2-Methylbutansäure**-(4), Kp. $174^\circ C$) riecht anhaltend baldrianartig und kommt frei und verestert in der Baldrianwurzel vor. Sie dient zur Herstellung von leichten Schlaf- und Beruhigungsmitteln, ihre Ester werden zur Herstellung von Fruchtaromen verwendet. Weitere V. sind die **Methyläthyllessigsäure** [**2-Methylbutansäure**-(1)], die gemeinsam mit der Isobaldriansäure vorkommt, und die **Trimethyllessigsäure** (**Pivalinsäure**).

Valin, abg. **Val**, α -Aminoisovaleriansäure, $(CH_3)_2CH-CH(NH_2)COOH$, eine essentielle Aminosäure. V. kommt in vielen Eiweißstoffen und einigen Antibiotika vor.

Vanadin, früher **Vanadium**, Symbol **V**, chemisches Element aus der V. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall; Ordnungszahl 23, Massenzahlen der Isotope 51 und 50, Atomgewicht 50,942 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist V, auch I, II, III, IV, D. $6,07 g\ cm^{-3}$, F. $1715^\circ C$, Kp. etwa $3000^\circ C$; 1830 von Sefström entdeckt, nachdem es del Rio bereits 1801 unter dem Namen Erythronium angegeben hatte. V. ist blaugrau, glänzend, sehr hart, luftbeständig, in reinstem Zustand hämmer- und walzbar. In oxydierenden Säuren, z. B. Salpetersäure und Königswasser, ist es löslich. In der Natur ist V. in geringen Mengen in Eisenerzen weit verbreitet, ferner in Chrom-, Zink-, Blei- und Kupfererzen. Seltener sind die eigentlichen Vanadinerze. Man gewinnt V. vor allem aus Eisenerzen, daneben auch aus Vanadinerzen, Bauxit und Kupferschiefer. Bei der Eisenerzeugung im Hochofen wird V. z. T. mit reduziert und durch Windfrischverfahren in einer Schlacke angereichert, die dann mit Soda aufgeschlossen wird. V. wird als Natriumvanadat

gelöst und mit Schwefelsäure als Vanadin(V)-oxid gefällt. Reines V. wird daraus nur in ganz geringen Mengen durch Reduktion gewonnen. Man stellt vielmehr für die Verwendung in der Technik unter Zugabe von Eisen aluminothermisch **Ferrovanadin** her, das als Stahlveredler große Bedeutung hat (→ Ferrolegierungen). Reines, metallisches V. dient gelegentlich als Filter für Röntgenstrahlen.

Vanadinverbindungen. Alle Vanadinverbindungen sind starke Gifte. **Vanadin(V)-oxid (Vanadinpentoxid)**, V_2O_5 , ein orangefarbenes bis rotes Pulver, verwendet als Katalysator bei großtechnischen Verfahren, ferner für Textilbeizen und UV-absorbierende Gläser; mit Laugen bildet V_2O_5 **Vanadate**, die teilweise in Photoentwicklern sowie zum Färben und Bedrucken von Wollgeweben eingesetzt werden, mit Säuren **Polyvanadinsäuren**. **Vanadinkarbid**, VC, wird wegen seiner Härte und seines hohen Schmelzpunktes als Legierungszusatz zu Stahl und als Härte-träger in Hartmetallen verwendet.

Van-Allen-Gürtel, die → Strahlungsgürtel der Erde.

Van-Arkel-de-Boer-Methode, svw. → Aufwachsverfahren.

Van-de-Graaff-Generator, svw. → Band-generator.

Van-der-Waals'sche Zustandsgleichung, eine von dem Physiker J. D. van der Waals aufgestellte Gleichung, die den Zusammenhang der Zustandsgrößen sowohl der realen Gase als auch der Flüssigkeiten näherungsweise beschreibt. Sie lautet für 1 Mol $(p + a/V^2)(V - b) = RT$, wobei p = Druck, V = Molvolumen, R = Gaskonstante, T = absolute Temperatur, a und b = stoffspezifische Konstanten. Die V.-d.-W.-Z. enthält im Gegensatz zur Zustandsgleichung idealer Gase $pV = RT$ zwei Korrekturglieder. a/V^2 ist der dem thermischen Gasdruck entgegengerichtete → Kohäsionsdruck, der durch die intermolekulare Anziehung der Moleküle bedingt ist, b ist das Eigenvolumen der Moleküle (Kolvolumen).

Vanillin, 4-Hydroxy-3-methoxy-benzaldehyd, aromatisch riechende, farblose Kristalle (F. 82 °C). V. ist als Glykosid vor allem in den Vanilleschoten (etwa zu 2 %), ferner z. B. auch in den Zuckerrüben enthalten. Technisch gewinnt man es durch Oxydation ligninhaltiger Stoffe (z. B. Sulfitablauge). Man verwendet V. als Gewürz und Geschmacksstoff (**Vanillinzucker**) sowie zur Herstellung von Riechstoffen.

van't-Hoff'sches Gesetz, → Osmose.

var, Kurzz. für → Var.

Var, Kurzz. var, gesetzliche Einheit der Leistung. Das V. ist anstelle des Watt nur zur Angabe von elektrischen Blindleistungen zulässig. 1 var = 1 W (Watt). **Kilovar**, Kurzz. kvar, = 10^3 var. **Megavar**, Kurzz. Mvar, = 10^6 var.

VAR, ein System der Funkortung, → Funkortung, 1, 1.

Variable, svw. → Veränderliche.

Variation, 1) → Kombinatorik. 2) → Erdmagnetismus.

Variationsrechnung, ein Zweig der Analysis, der für die theoretische Physik und die Technik von großer Bedeutung ist. Sie behandelt Extremalaufgaben, bei denen es sich im wesentlichen darum handelt, Integrale mit festen Grenzen durch geeignete Wahl der im Integranden vorkommenden Funktionen zu einem Maximum oder Minimum zu machen. Eine Aufgabe, die die V. zu lösen hat, lautet z. B., unter allen Kurven auf einer Fläche, die zwei gegebene Flächenpunkte verbinden, diejenige mit der kürzesten Bogenlänge zu bestimmen.

Variometer, 1) Luftfahrt: ein Höhenänderungsmesser, der die Steig- oder Sinkgeschwindigkeit eines Luftfahrzeuges (meist in m/s) anzeigt.

Ein Strömungswiderstand (Kapillare, Schlitz, Diffusor) verbindet ein bestimmtes abgeschlossenes Luftvolumen mit der Außenluft. Ändert sich infolge von Höhenänderungen der statische Druck der Außenluft, so kann er sich wegen des Strömungswiderstandes nicht sofort mit dem Druck im abgeschlossenen Volumen ausgleichen; es entsteht eine Druckdifferenz, die der Vertikalgeschwindigkeit proportional ist.

Man unterscheidet zwei hauptsächliche Bauarten. Das **Dosenvariometer** (Abb. 1) besteht aus einer Druckdose (Luftvolumen) und einem Kapillarröhrchen (Strömungswiderstand), die in einem druckdichten Gehäuse untergebracht sind. Bei Höhenänderungen bewirkt die Differenz zwischen dem Innendruck der Dose und dem Druck im Gehäuse Verformungen der Dose, die über ein Hebelwerk auf einen Zeiger übertragen werden. Das **Stauscheibenvariometer** (Abb. 2) weist an Stelle der Druckdose eine Ringkammer mit einer beweglichen Stauscheibe auf. Ein Schlitz zwischen Stauscheibe und Kammer bewirkt den Strömungswiderstand. Die Stauscheibe schlägt entsprechend der Druckdifferenz zwischen Kammer und Umgebung aus und bewegt einen Zeiger. Neuerdings gibt es auch **Flüssigkeitsvariometer**, die weniger träge sind als Dosenvariometer.

2) Funktechnik: eine Anordnung mit stetig veränderbarer Induktivität. Je nachdem, auf welche Weise die Induktivität verändert wird, unterscheidet man folgende übliche Anordnungen: das **Massekernvariometer** (Verschieben eines Massekerns in der Spule), das **Kugelvariometer** (kugelförmig gewickelte Außenspule mit gleichartiger drehbarer Innenspule), das **Kurzschlußringvariometer** (Schwenken eines Kurzschlußrings im Magnetfeld) und das **Magnetvariometer** (Magnetisierung eines Ferritkerns). V. werden zur Abstimmung von Sendern oder Empfängern eingesetzt.

3) Geophysik: ein Magnetometer, das zum Messen der Schwankungen des Erdmagnetismus auf der festen Erdoberfläche verwendet wird. Zur Messung der zeitlichen Schwankungen dienen **Zeitvariometer** (meist an Observatorien), während man die Änderungen des erdmagnetischen Feldes von Ort zu Ort im Gelände mit **Lokalvariometern** mißt. Selbsttätig registrierende V. nennt man **Variographen**.

Varioobjektiv, → pankratisches System.

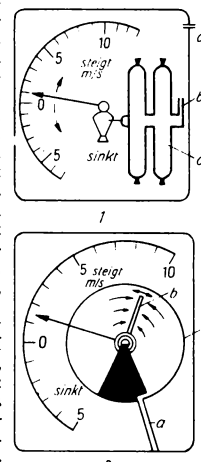
Varispect-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Varistor, ein spannungsabhängiger Halbleiterwiderstand. Der Widerstandswert dieses Bauelements nimmt mit steigender Spannung ab. Für die Herstellung der V. verwendet man in den meisten Fällen Siliziumkarbid. Für das Herstellen und Erreichen der verlangten technischen Daten ist neben der Wahl des Rohstoffes besonders seine Korngröße entscheidend. V. dienen zur Spannungskonstanthaltung in elektrischen Geräten, insbesondere in Fernsehgeräten, zum Funkenlösen an Kontakten u. dgl.

Vasopressin, ein → Hormon.

Vater-und-Sohn-Anlage, ein Antriebsaggregat für Schiffe, die mit stark wechselnder Belastung fahren, z. B. Fischereifahrzeuge (Leeranfahrt, Fangfahrt mit Schleppnetz, Rückfahrt in beladenem Zustand) und Schlepper. Das Aggregat besteht aus zwei Dieselmotoren unterschiedlicher Leistung, die je nach Bedarf jeder für sich oder gekoppelt benutzt werden.

V-Bahn, Abk. für Verbindungsbahn, ein meist nachträglich gebauter Streckenabschnitt in einem bestehenden Stadt- und Vorortbahnnetz zur Verbindung radial an ein Stadtzentrum herangeführter Außenstrecken zu Durchmesserlinien bei gleichzeitiger Bedienung des Stadtkernes. V-Bahnen werden ausschließlich in der → Zweiten Ebene, meist in Tieflage, geführt.



1 Dosenvariometer. a Anschluß für statischen Druck, b Kapillare, c Druckdose. 2 Stauscheibenvariometer. a Anschluß für statischen Druck, b Stauscheibe, c Ringkammer

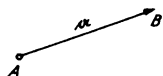
VB-Methode, → Quantenchemie.

VDE, Abk. für Vorschriftenwerk Deutscher Elektrotechniker. Es umfaßt zahlreiche Bau- und Sicherheitsvorschriften für die Herstellung und Installation elektrischer Geräte und Anlagen. VDE-Vorschriften werden systematisch durch TGL ersetzt. Teilweise erfolgt eine Übernahme der VDE-Vorschriften in die TGL, teilweise aber auch Neufassung unter Beachtung anderer bestehender Vorschriften (Deutsche Post, Seeregister, DAMW). VDE-Vorschriften gelten heute noch dort, wo bisher keine TGL bestehen.

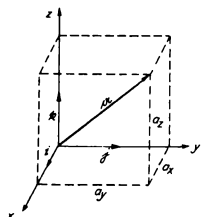
Vektor, eine durch Zahlenwert, Richtung und Richtungssinn bestimmte mathematische Größe, die man auch als „gerichtete Größe“ bezeichnet. Sie läßt sich durch eine gerichtete Strecke (Pfeil) darstellen; der Anfangspunkt der Strecke ist dabei frei wählbar. Im Gegensatz zu den *skalaren Größen* (*Skalaren*), die allein durch einen Zahlenwert eindeutig bestimmt sind, wie Masse, Temperatur, Energie, Dichte, Länge, Winkel, haben viele physikalische Größen Vektorcharakter, d. h., sie sind durch Angabe eines Vektors bestimmt. Solche *Vektorgrößen* sind z. B. Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Feldstärke, Drehmoment, Impuls. Zwei V.en sind einander gleich, wenn sie in Größe, Richtung und Richtungssinn übereinstimmen; sie lassen sich durch Parallelverschiebung ineinander überführen (*freie V.en*). In der Physik z. B. spielen auch die einem bestimmten Raumpunkt zugeordneten *gebundenen V.en* oder *V.en*, die nur längs einer Geraden verschoben werden dürfen (*linienflüchtige V.en*), eine Rolle.

V.en werden im allgemeinen mit kleinen oder großen Frakturbuchstaben \mathbf{a} , \mathbf{b} oder mit \overrightarrow{AB} bezeichnet, wobei A der Anfangs- und B der Endpunkt des V.s ist. Die Länge eines Vektors \mathbf{a} heißt sein *absoluter Betrag* und wird $|\mathbf{a}|$ oder a geschrieben. Einen V. vom Absolutbetrag 1 nennt man *Einheitsvektor* (z. B. \mathbf{e}_0 , \mathbf{b}^0), ein V. vom Betrag 0 und von unbestimmter Richtung heißt *Nullvektor*. *Kollineare V.en* sind derselben Geraden, *komplanare V.en* derselben Ebene parallel. *Entgegengesetzte V.en* haben gleichen Absolutbetrag, aber entgegengesetzte Richtung:

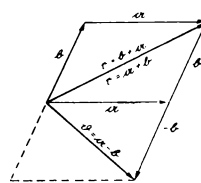
$$\overrightarrow{AB} = \mathbf{a}, \overrightarrow{BA} = -\mathbf{a}; |\mathbf{a}| = |- \mathbf{a}|.$$



1 Vektor $\mathbf{a} = \overrightarrow{AB}$



3 Darstellung des Vektors \mathbf{a} im rechtwinkligen räumlichen Koordinatensystem; \mathbf{i} , \mathbf{j} , \mathbf{k} Grund- oder Basisvektoren; a_x , a_y , a_z skalare Komponenten von \mathbf{a}



4 Addition und Subtraktion von Vektoren

2 gleiche Vektoren (\mathbf{a}), ungleiche Vektoren (\mathbf{b} , \mathbf{c}), entgegengesetzte Vektoren (\mathbf{d})

Man kann einen V. in einem rechtwinkligen räumlichen Koordinatensystem darstellen, indem man seinen Anfangspunkt in den Nullpunkt des Koordinatensystems legt; der Endpunkt (Pfeilspitze) ist dann durch seine drei Koordinaten eindeutig bestimmt, die man als *Maßzahlen* oder Koordinaten des V.s bezeichnet. Algebraisch entspricht demnach jedem V. ein Zahlentripel. Einheitsvektoren mit gemeinsamem Ursprung 0, deren Richtungen mit den positiven Achsen eines rechtwinkligen, rechtsorientierten Koordinatensystems zusammenfallen, werden als *Grund- oder Basisvektoren* \mathbf{i} , \mathbf{j} , \mathbf{k} bezeichnet: Wird ein V. auf die x -, y - und z -Achse des Systems \mathbf{i} , \mathbf{j} , \mathbf{k} projiziert, so entstehen auf ihnen drei neue V.en $\mathbf{a}_x = a_x \mathbf{i}$, $\mathbf{a}_y = a_y \mathbf{j}$, $\mathbf{a}_z = a_z \mathbf{k}$, die *vektoriellen Komponenten* von \mathbf{a} . Im Unterschied dazu heißen die Maßzahlen a_x , a_y , a_z auch *skalare Komponenten* von \mathbf{a} . Für die Darstellung des V.s \mathbf{a} gilt dann: $\mathbf{a} = \mathbf{a}_x + \mathbf{a}_y + \mathbf{a}_z = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k}$.

Bei der Addition ist die Summe (*Resultierende*) zweier V.en \mathbf{a} und \mathbf{b} der V. \mathbf{c} , der die gerichtete Diagonale des von \mathbf{a} und \mathbf{b} aufgespannten Parallelogramms bildet. Die Summe mehrerer V.en

ist der V. (*Summenvektor*), der den aus den einzelnen Summanden gebildeten Polygonzug schließt. Die Subtraktion zweier V.en \mathbf{a} und \mathbf{b} erfolgt durch Addition der V.en \mathbf{a} und $-\mathbf{b}$. Für die Komponentendarstellung gilt: V.en werden addiert, indem man ihre (vektoriellen) Komponenten addiert. Bei der Multiplikation von V.en unterscheidet man im Hinblick auf die Anwendungen zwei Arten, die skalare (innere) und die vektorielle (äußere) Produktbildung.

1) Das *skalare (innere) Produkt* $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ oder $(\mathbf{a} \cdot \mathbf{b})$ [gesprochen *a Punkt b*] ist definiert als $|\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}| \cos(\mathbf{a}, \mathbf{b})$ oder in Koordinaten gleich $a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$. Das Skalarprodukt ergibt also ein Skalar. Es gelten das Kommutativ- und das Distributivgesetz: $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \mathbf{b} \cdot \mathbf{a}$; $\mathbf{a}(\mathbf{b} + \mathbf{c}) = \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{a} \cdot \mathbf{c}$, dagegen nicht das Assoziativgesetz. Stehen die beiden V.en \mathbf{a} und \mathbf{b} senkrecht aufeinander, so ist $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 0$.

2) Das *vektorielle (äußere) Produkt* $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ oder $[\mathbf{a} \mathbf{b}]$ (gesprochen *a Kreuz b*) ist gleich $|\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}| \sin(\mathbf{a}, \mathbf{b})$, d. h. ein V. \mathbf{c} , der auf \mathbf{a} und \mathbf{b} senkrecht steht, dessen Betrag gleich der Maßzahl der Fläche des aus \mathbf{a} und \mathbf{b} gebildeten Parallelogramms ist und der so gerichtet ist, daß die V.en \mathbf{a} , \mathbf{b} , \mathbf{c} ein Rechtssystem bilden. Für das Vektorprodukt gilt das Kommutativgesetz nicht, sondern es besteht die Beziehung $\mathbf{a} \times \mathbf{b} = -\mathbf{b} \times \mathbf{a}$. Für V.en gleicher Richtung ist $\mathbf{a} \times \mathbf{b} = 0$.

Die *Vektorrechnung*, die das Rechnen mit Vektoren zum Inhalt hat, ist ein wichtiger Zweig der Mathematik. Als Teilgebiete unterscheidet man *Vektoralgebra*, die u. a. Summe, Differenz und die verschiedenen Arten der Produktbildung von V.en definiert, und *Vektoranalysis*, die die Begriffsbildungen und Methoden der Differential- und Integralrechnung auf V.en anwendet. Die Vektoranalysis befaßt sich hauptsächlich mit der Theorie der Felder (*Skalarfeld*, *Vektorfeld*), die wichtigsten Grundoperationen sind *Gradient*, *Divergenz* und *Rotation*. Die Vektorrechnung gestattet eine vereinfachte und übersichtliche Darstellung und Behandlung vieler mathematischer und physikalischer Probleme und ist besonders in der mathematischen Physik, der Geometrie und der linearen Algebra zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden.

Lit. Boseck: Einführung in die Theorie der linearen Vektorräume (Berlin 1965); Gans: Vektoranalysis (7. Aufl. Leipzig 1950); Hieke: Vektoralgebra (2. Aufl. Leipzig 1963); Kästner: V.en, Tensoren, Spinoren (2. Aufl. Berlin 1964); Lagally: Vorlesungen über Vektorrechnung (7. Aufl. Leipzig 1964); Neumann: V.en der Ebene (Freiburg 1963); Reichardt: Vorlesungen über Vektor- und Tensoranalysis (Berlin 1957).

Vektorpotential, → Feld.

Vektorraum, eine Menge von Elementen (z. B. Vektoren, Funktionen, Lösungen eines homogenen Gleichungssystems), die sich addieren und mit einer Zahl multiplizieren lassen, wobei die üblichen Rechenregeln gelten. Der V. ist ein für die moderne Algebra typischer Begriff einer algebraischen Struktur. Die Theorie der Vektorräume ist durch Abstraktion aus der Theorie der linearen Gleichungen hervorgegangen und bildet den Inhalt der linearen Algebra.

Venetianischrot, Eisen(III)-oxid, → Eisen.

Ventil, 1) Maschinenkunde: eine Absperrvorrichtung in Rohrleitungen für Flüssigkeiten und Gase sowie in Arbeitszylindern von Kolbenmaschinen (Verbrennungsmotoren, Kolbenverdichter, Kolbenpumpen). Beim *Teller- oder Kegelveil* schließt ein Ventilteller mit einer daran befestigten senkrechten Spindel oder einem Schaft eine Öffnung, den Ventilsitz, ab. Beim Anheben des V.s wird ein Ringspalt freigegeben. Bei den Verbrennungsmotoren dienen solche V.e zum Ein- und Auslassen der Gase; sie werden durch Nocken und Schwinghebel geöffnet, durch Federn geschlossen. Dasselbsttätige **Ringventil** der Kolbenverdichter oder Kolbenpumpen schließt

bei einem bestimmten Zylinderinnendruck, auf den die Vorspannung der Ventillfeder eingestellt sein muß. Beim Wasserhahn, der auch ein V. ist, erfolgt das Öffnen und Schließen durch eine Schraubenspindel. Beim **Kugelventil** dient als Abschlußorgan eine Kugel, die auf einen ausgehöhlten Ventilsitz niedergedrückt wird. Das **Reduzierventil** vermindert den Druck eines Gases oder einer Flüssigkeit auf ein bestimmtes Maß, es kann auch als Regelventil verwendet werden. Der Ventilteller steht unter der Spannung einer Feder, die von dem Medium erst überwunden werden muß, ehe es ausströmen kann. Das **Rückschlagventil** ermöglicht den Durchfluß nur in einer Richtung; die Öffnung wird selbsttätig abgeschlossen, sobald die Flüssigkeit zurückzufließen versucht. Das absperrende Organ ist eine Kugel oder eine Klappe, die ein Durchströmen nur in einer Richtung gestattet. Ähnlich wirken die **Selbstschlußventile** bei Rohrbruch oder dgl. (→ Sicherheitsventil). (Abb.)

2) **Elektrotechnik**: ein → Zweipol mit einem stark von der Stromrichtung abhängenden Widerstand. Ideale V.e haben für eine Stromrichtung den Widerstand Null (Durchlaßrichtung) und für die entgegengesetzte Stromrichtung den Widerstand Unendlich (Sperrichtung), so daß ein Stromfluß durch das V. nur in einer Richtung möglich ist (→ Stromrichter). V.e werden ausgeführt als Sperrschichtventile (z. B. Detektor, Halbleitergeleichrichter), als Elektronenröhren (Gleichrichterröhre, Diode) und als Gasentladungsröhren (Thyratron und Quecksilberdampfgleichrichter).

Ventilator, 1) svw. → Lüfter. 2) svw. → Beatmungsgerät.

Venturidüse, **Venturirohr**, ein Bauteil, das als → Drosselgerät und als → Fahrtmesser benutzt wird.

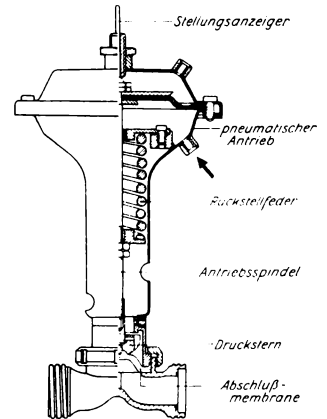
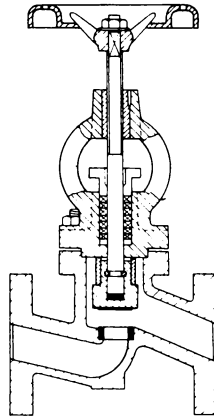
Venturikanal, ein nach dem italienischen Naturwissenschaftler Venturi benannter offener, mit einer Einschnürung versehener Kanal zur Abflußmessung von Flüssigkeiten nach dem Prinzip des Venturirohrs (→ Drosselgerät). Innerhalb der Einschnürungsstrecke wird eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit erzielt und damit ein Absinken des Flüssigkeitsspiegels. Aus der Spiegeldifferenz, gemessen an der engsten Stelle der Einschnürung und unmittelbar vor dieser, kann die Größe des Durchflusses bestimmt werden. Ist die Einschnürung so stark, daß dort schießende Strömung (→ Strömungslehre) herrscht, besteht eine einfache mathematische Beziehung zwischen Flüssigkeitsstand im engsten Querschnitt und vor dem V., mit deren Hilfe man schon aus einer Messung des Flüssigkeitsstandes die Abflußmenge bestimmen kann. Venturikanäle sind öfter in Abwasserkanälen eingebaut, daneben werden sie im wasserbaulichen Versuchswesen verwendet.

Venturirohr, svw. → Venturidüse.

Venus, ein Planet, Zeichen ♀. Seine Bahn ist die kreisähnlichste aller Planetenbahnen und liegt etwa in der Mitte zwischen den Bahnen des Merkurs und der Erde. Die Entfernung von der Sonne beträgt 108,2 Millionen km. Die V. ist von allen Planeten der Erde am ähnlichsten; ihr Durchmesser beträgt 12200 km (Erde 12756 km), ihre Masse etwa 0,8 der Erdmasse, ihre Schwerkbeschleunigung an der Oberfläche 0,9 des irdischen Wertes. Die Oberflächentemperaturen werden bei voller Beleuchtung durch die Sonne in mittleren Breiten auf etwa 50 bis 100 °C geschätzt, während sie auf der Nachtseite der V. je nach der Rotationsdauer auf 0 bis – 100 °C sinken können.

Neben Sonne und Mond ist V. das hellste Gestirn am Nachthimmel. Sie ist der **Abendstern** oder **Morgenstern**, je nachdem, ob sie abends nach Sonnenuntergang oder früh vor Sonnen-

aufgang sichtbar ist. V. hat eine optisch dichtere Atmosphäre als die Erde. Das zeigt sich besonders in der Neulichtphase der V., wenn wegen der starken Brechung und Streuung in der Venusatmosphäre die der Erde zugewandte unbeleuchtete Planetenoberfläche teilweise oder ganz von einem feinen Lichtring umschlossen wird. Hauptbestandteil der Venusatmosphäre ist Stickstoff. Weiteres → Planet, Übers.



Ventile: 1 Tellerventil (Stahlguß-Aufsatzventil), 2 Reduzierventil mit pneumatischem Antrieb

Venusprojekt, der Plan für Flüge bemannter Raumschiffe zur Venus. Eine Vorstufe ist die Erkundung der Venus und ihrer Umgebung durch → Raumsonden (**Venussonden**), die bereits eingeleitet wurde. Bisher gelangten mehrere Raumsonden in die Umgebung des Planeten oder landeten auf dessen Oberfläche (1961 Venus 1, 1964 Sonde 1, 1965 Venus 2 und 3, 1967 Venus 4, sämtlich UdSSR; 1962 Mariner 2, 1967 Mariner 5, beide USA). Die Flugdauer zur Venus beträgt etwa 80 bis 140 Tage. Weiteres → Marsprojekt, → Planetoid 2).

Venussonde, → Raumsonde, → Venusprojekt.

Veralluminierten, → Alitieren.

Veränderliche, 1) *Sing.* Mathematik: **Variable**, eine Größe, die verschiedene Werte annehmen kann. Man unterscheidet **abhängige** und **unabhängige V.** Wichtig sind Verknüpfungen von V.n (→ Funktion). Gegensatz: Konstante.

2) *Plur.* Astronomie: svw. → veränderliche Sterne.

veränderliche Sterne, **Veränderliche**, **Fixsterne**, deren Helligkeit periodisch oder unperiodisch schwankt. Man unterscheidet zwei Hauptgruppen, die **Bedeckungsveränderlichen** und die **eigentlichen v.n S. oder physisch Veränderlichen**. Bei den **Bedeckungsveränderlichen** handelt es sich um → Doppelsterne, deren einzelne Komponenten konstante Helligkeit haben, bei denen es aber zu gegenseitigen Bedeckungen der zwei Sterne und dadurch zur Veränderung der Gesamthelligkeit kommt. Bei den **physisch Veränderlichen** handelt es sich um Sterne, bei denen eine mehr oder minder große und anhaltende Änderung der Leuchtkraft eintritt, wobei sich auch der Radius, die Oberflächentemperatur und der Spektraltyp ändern. Die Ursachen für diese Instabilitäten sind noch nicht sicher bekannt. Zu den physisch Veränderlichen gehören auch die **Novae** und **Supernovae** (→ Nova).

Verankerung, das Befestigen und Festlegen von Bauteilen u. dgl. mittels → Anker.

Verarbeitungsmaschinen, Maschinen zur Verarbeitung von Stoffen zu Gütern des Massen-

bedarfes. V. sind das letzte Glied in der Gruppe der Arbeitsmaschinen, die der Stoffumwandlung dienen und dazu ihren Antrieb von den Maschinen zur Energieumwandlung (Energemaschinen, Kraftmaschinen) erhalten. Zu den V. gehören Lebensmittel- und Textilmaschinen, Leder-, Papier-, Kunststoff-, Keramik- und Glasverarbeitungs- und Druckereimaschinen, Verpackungsmaschinen. Der Verarbeitungsmaschinenbau umfaßt eine Vielzahl von Spezialmaschinen, die zur Mechanisierung der Handarbeit, also zur Entlastung des Menschen und zur Steigerung seiner Arbeitsproduktivität eingesetzt werden. Die zur Ausführung einer Verarbeitungsaufgabe notwendigen Arbeitsvorgänge laufen innerhalb einer Verarbeitungsmaschine im allgemeinen selbsttätig ab. Durch Verkettung mehrerer Verarbeitungsmaschinen werden Produktionsprozesse automatisiert.

Die von der manuellen Produktionsweise abgeleiteten V. produzieren, der Muskelarbeit entsprechend, intermittierend und haben eine geringere Produktivität als die der allgemeinen Entwicklungstendenz folgenden Maschinen mit kontinuierlicher Arbeitsweise. V. werden noch überwiegend durch rein mechanische Mittel gesteuert, indem die von der Antriebsmaschine eingeleitete gleichförmige Drehbewegung meist durch einfache Kurven-, selten durch Kurbelmechanismen in periodische Bewegungen der Arbeitsorgane umgeformt wird. Zur Gestaltung leistungsfähiger Mechanismen sind gründliche Kenntnisse einer umfassenden Getriebelehre erforderlich, in die auch die von der Elektrotechnik, Hydraulik und Pneumatik gebotenen Mittel einbezogen werden müssen. Diese eignen sich besonders für die rationelle Bauweise mit dezentralisiertem Antrieb der Arbeitsorgane und dienen auch zur Lösung der bei der Automatisierung von Produktionsprozessen auftretenden Regelungsaufgaben.

Verarbeitungstechnik, befaßt sich mit Verfahren und Vorgängen bei der maschinellen Verarbeitung von Stoffen in der Konsumgüterproduktion, die von Ausgangszuständen in Richtung der Verbrauchs-Endzustände überführt werden sollen. Die V. hat die Aufgabe, diese Verfahren und Vorgänge zu analysieren, systematisch zu ordnen, ihre wesentlichen verarbeitungstechnischen Merkmale erkennen- und meßbar zu machen sowie exakte wissenschaftliche Unterlagen für die Entwicklung und Gestaltung von Verarbeitungsmaschinen und Verarbeitungsanlagen bereitzustellen.

Grundbegriffe der V.: Unter **Verarbeitungsverfahren** wird ein Komplex von Vorgängen verstanden, die ablaufmäßig geordnet sind, z. B. Strangpreßverfahren für Teigwaren. **Verarbeitungsvorgang** ist der unmittelbare Funktionsvollzug, der sich zwischen den Arbeitsorganen und den zu verarbeitenden Stoffen abspielt. Verarbeitungsvorgänge lassen sich auf die **Arbeitsprinzipie** Trennen, Absondern, Fügen, Sammeln, Formen, chemisch-biologisches Verarbeiten, Fördern, Ordnen zurückführen. Bei der Verarbeitung von Stoffen treten verschiedene stoffbedingte Einflußgrößen auf, die in ihrer Gesamtheit als **Verarbeitbarkeit** bezeichnet werden (z. B. Bedruckbarkeit von Papieren, Knetbarkeit von Teigen, Schneidbarkeit von Feststoffen, Mahlbarkeit von Getreideprodukten) und mitbestimmend sind für Verarbeitungsverfahren und Qualität der Erzeugnisse. **Wirkpaarung** ist das Zusammenwirken von Arbeitsorgan und Stoff zur Erzielung eines hohen Verarbeitungseffektes.

Verbesserungsvorschlag, svw. → Neuerer-vorschlag.

Verbindung, 1) Technik: allgemein der Zusammenschluß zweier Werkstücke durch ein

Verbindungselement (→ Maschinenelemente) oder -mittel oder die Festlegung der relativen Lage zweier oder mehrerer Werkstücke. Nach der Ausführungsart kann man zwischen **lösbaaren V.en**, die ohne Zerstörung des Verbindungselementes und der zu verbindenden Teile gelöst werden können (→ Schraubverbindung, → Querkeilverbindung, → Längskeilverbindung, meist lösbare → Preßverbindung, → Bajonettverschluß, V.en durch Bolzen, Splinte, Federn), **unlösbaaren V.en** (Nietverbindung, Lötverbindung, → Schrumpfverbindung, → Schweißverbindung, → Klebverbindung) und **elastischen V.en** unterscheiden.

Im Maschinenbau dürfen starr verbundene Teile keine Relativbewegung ausführen, während bei elastischen V.en eine gegenseitige Bewegungsmöglichkeit durch elastische oder gelenkige Bindeglieder besteht. Nach der Art des Zusammenhaltes kann man einteilen in kraftschlüssige V.en (z. B. → Preßverbindungen, → Reibräder), formschlüssige V.en (z. B. → Zahnräder, Profillewelle) und stoffschlüssige V.en (z. B. → Klebverbindungen, Lötverbindungen, → Schweißverbindungen). Die Übertragung einer Kraft von einem Element auf das andere erfolgt bei kraftschlüssigen V.en durch Reibung, bei formschlüssigen V.en durch besondere Formgebung beider Elemente. Oft wird eine Kombination dieser Verbindungsarten benutzt.

2) Holztechnik: → Holzverbindungen.

3) Chemie: ein Stoff, der durch Vereinigung von zwei oder mehr verschiedenen chemischen Elementen nach bestimmten Gewichtsverhältnissen unter Aufnahme oder Abgabe von Energie entsteht. Die V. hat — im Gegensatz zum Gemenge — völlig andere physikalische und chemische Eigenschaften als die an ihrer Bildung beteiligten Elemente. **Binäre V.en** enthalten zwei Atomarten je Molekül (z. B. HCl, H₂O), **ternäre** drei (z. B. NH₄Cl), **quaternäre** vier usw. **Polare V.en** sind aus Ionen aufgebaut (z. B. NaCl); die positive oder negative elektrische Ladung überwiegt deutlich in verschiedenen Bereichen des Moleküls. Den Gegensatz hierzu bilden die **unpolaren V.en** (z. B. C₆H₆). Zwischen polaren und unpolaren Verbindungen treten die verschiedenen Zwischenstufen auf. **Anlagerungs- (Additions-) V.en** entstehen aus ursprünglich selbständigen Molekülen, ohne daß ein zweites Reaktionsprodukt gebildet wird. Bleibt dabei der Aufbau der ursprünglichen Moleküle erhalten, so spricht man von **Molekül-, Komplex- oder Koordinationsverbindungen** (→ Koordinationslehre). Eine während einer Reaktion vorübergehend entstehende chemische Verbindung, die in den Endprodukten nicht enthalten ist, nennt man **intermediäre V.**, solche aus reinen Metallen **intermetallische V.en**. **Daltonide V.en** weisen streng stöchiometrische Zusammensetzung auf (z. B. H₂O); bei **bertholiden V.en** können Abweichungen von dieser Zusammensetzung auftreten, z. B. Sauerstoffüberschuß oder -mangel im Cu₂O (→ Halbleiter).

Verbindungselemente, → Maschinenelemente.

Verbleien, das Überziehen metallischer Werkstücke mit Blei, um sie gegen chemische Einflüsse widerstandsfähiger zu machen. Das V. geschieht galvanisch, durch Aufspritzen, Tauchen oder durch Auskleiden mit Bleiblech. Wird schmelzflüssiges Blei verwendet, so legiert man es mit Zinn, Kupfer oder Antimon, da solche Legierungen besser haften als reines Blei.

Verblendung, die Verkleidung von Wänden (außen oder innen) mit Klinkern oder halb so dicken Spaltklinkern, mit Natur-, Kunststein-, Keramik-, Glasplatten oder Platten.

verbotene Linien, Spektrallinien von Atomen, die nach bestimmten Regeln der Quantenmechanik nicht auftreten dürften.

Verbrennen, das Erwärmen von Stahl auf so hohe Temperatur, daß durch Oxydation an den Korngrenzen des Werkstoffs Schädigungen eintreten. Diese können durch Wärmebehandlung oder Verformen nicht wieder rückgängig gemacht werden.

Verbrennung, im engeren Sinne die Reaktion von Stoffen mit Sauerstoff unter Wärme- und Lichtentwicklung, die nach Erreichung einer bestimmten Entzündungstemperatur sehr rasch verläuft. Die V. ist in reinem Sauerstoff wesentlich heftiger als in Luft. Die Endprodukte bei der vollständigen V. organischer Stoffe sind Kohlendioxid und Wasser. Bei der V. anderer Stoffe, z. B. Schwefel, Phosphor, Natrium, Magnesium, entstehen die jeweiligen Oxide. Im weiteren Sinne ist V. ein Oxydationsprozeß, der ohne Flammenbildung vor sich geht und als **stille V.** (Autoxydation) bezeichnet wird. Hierzu gehören auch das Rosten von Eisen, alle Verwesungsvorgänge und die Atmungsvorgänge bei Organismen.

Verbrennungskraftmaschine (Tafel 9), eine Wärmekraftmaschine, bei der die durch schnelle Verbrennung bewirkte Ausdehnung eines verdichteten Kraftstoff-Luft-Gemisches zur Erzeugung mechanischer Energie ausgenutzt wird (Antrieb von Fahrzeugen und Arbeitsmaschinen). Diese Verbrennung kann periodisch (unterbrochen) oder kontinuierlich (fortlaufend) verlaufen. Die gebräuchlichsten V.n kann man einteilen in → Verbrennungsmotoren und → Gasturbinenanlagen.

Verbrennungsmotor (Tafel 9), eine → Verbrennungskraftmaschine, bei der die Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches periodisch erfolgt (im Gegensatz zur Gasturbinenanlage). V.en sind Kolbenmaschinen (Hubkolbenmotoren oder Rotationskolbenmotoren), die nur rotierende Teile besitzen. Der → Kolben ist bei Hubkolbenmotoren in einem Zylinder untergebracht und wird durch die Ausdehnung des verbrennenden Kraftstoff-Luft-Gemisches bewegt. Die Verbrennung findet im Brennraum statt, dem Raum im Zylinder zwischen Zylinderkopf und dem Kolben in der oberen Totpunktlage. Der Kolben ist mit einer → Pleuelstange verbunden; diese überträgt die Kolbenbewegung auf den Kurbelzapfen einer → Kurbelwelle. Damit wird die geradlinige (hin- und hergehende) Bewegung des Kolbens in die zum Fahrzeug- oder Maschinenantrieb erforderliche Drehbewegung umgewandelt. Um eine möglichst gleichförmige Drehbewegung zu erhalten, sind meistens 2 oder mehr Zylinder vorgesehen, es arbeiten somit mehrere Kolben auf einer Kurbelwelle mit gegeneinander versetzten Kröpfungen (**Mehrzylinder-motor**). Beim **Taumelscheibenmotor** tritt an die Stelle der gekröpften Kurbelwelle eine Z-förmige Kurbelwelle mit aufgesetzter Taumelscheibe.

Da die eigentliche Arbeitsleistung nur während des Verbrennungs- (Arbeits-) Hubes erfolgt, muß zur Weiterbewegung während der anderen Hube Energie einer am Ende der Kurbelwelle befestigten Schwungscheibe (Schwungrad) entnommen werden. Die Schwungscheibe hat die Aufgabe, einen gleichförmigen Lauf zu erzeugen und als Energiespeicher zu dienen. Die während der Leerhube der Schwungscheibe entnommene Energie wird während des Arbeitshubes wieder zugeführt.

Gemischbildung. Die Bildung des Kraftstoff-Luft-Gemisches erfolgt entweder außerhalb oder innerhalb des Zylinders. Bei Motoren mit äußerer Gemischbildung wird der Kraftstoff in einem → Vergaser zerstäubt und das im Ansaugrohr gebildete Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Zylinder angesaugt (**Vergasermotor**, fast ausschließlich zum Antrieb von Kraffträdern, Personenkraftwagen und leichten Lastkraftwagen verwendet). Bei V.en mit innerer Gemisch-

bildung wird der Kraftstoff in die im Zylinder verdichtete Luft mittels Einspritzdüsen eingespritzt (→ Dieselmotor).

Zündung. Nach der Art der Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches unterscheidet man V.en mit Fremd- und Selbstzündung. V.en mit Fremdzündung sind die **Ottomotoren** (benannt nach N. Otto, der 1878 die Viertaktgasmaschine erfand); bei ihnen wird das angesaugte (beim Vergaser-Ottomotor) oder durch Einspritzung gebildete (beim Einspritz-Ottomotor) und verdichtete Gemisch durch einen elektrischen Hochspannungsfunken entzündet, der an der in den Zylinderkopf geschraubten Zündkerze zwischen zwei Elektroden überspringt (→ Zündung). Die Verteilung des Zündstromes (bei Mehrzylinder-motoren) in regelmäßiger Folge auf die Zündkerzen der einzelnen Zylinder erfolgt durch besondere Vorrichtungen (→ Verteiler). V.en mit Selbstzündung sind die → **Dieselmotoren**; bei ihnen wird der Kraftstoff in die angesaugte und hochverdichtete Luft am Ende des Verdichtungs-hubes eingespritzt und entzündet sich infolge der hohen Verdichtungstemperatur (700 bis 900 °C) von selbst. Bei → **Glühkopfmotoren** erfolgt die Zündung des durch Einspritzung gebildeten Kraftstoff-Luft-Gemisches durch einen der Kühlung entzogenen Zylinderteil, den Glühkopf. Die → **Selbstzündermotoren** arbeiten wie Dieselmotoren mit Selbstzündung und saugen das Kraftstoff-Luft-Gemisch wie Vergaser-Ottomotoren an. Der → **Gasmotor** ist ein mit Stadtgas u. dgl. betriebener V., er arbeitet mit Fremdzündung.

Die Vorteile des Ottomotors bestehen in der Laufruhe und in dem niedrigen Masse-Leistungs-Verhältnis, außerdem ist er mit Ausnahme des Einspritz-Ottomotors einfacher in der Wartung. Der Dieselmotor hat den Vorteil eines billigeren Betriebes durch die Verwendung minderwertigerer und preisgünstigerer Kraftstoffe, wobei außerdem der Verbrauch niedriger liegt als beim Ottomotor. Die Nachteile des Dieselmotors bestehen im höheren Masse-Leistungs-Verhältnis (hervorgehoben durch die infolge der höheren Verbrennungsdrücke erforderliche stärkere Ausbildung des gesamten Motors), in höheren Herstellungskosten, lauterem Verbrennungsgeräuschen und im schlechteren Startverhalten bei tiefen Temperaturen.

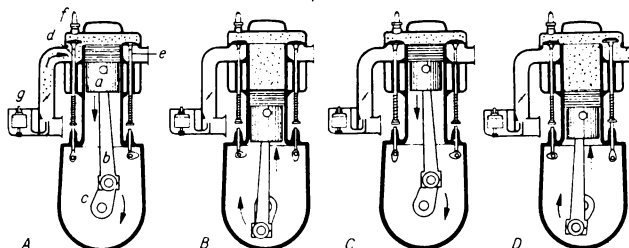
Zur Verbesserung des Masse-Leistungs-Verhältnisses von V.en wird die → Aufladung angewandt.

Arbeitsverfahren. Durch die Ausdehnung des verbrennenden Kraftstoff-Luft-Gemisches wird der Kolben vom oberen Totpunkt (Umlenkpunkt) bis zum unteren Totpunkt getrieben. Die Kolbenbewegung von einem zum anderen Totpunkt wird als **Hub** (**Takt**) bezeichnet, der Zylinderraum zwischen oberem und unterem Totpunkt als **Hubraum**. Entsprechend der Durchführung des Gaswechselvorgangs unterscheidet man Viertakt- und Zweitaktmotoren.

1) Beim **Viertaktmotor** (Viertakt-Ottomotor) besteht ein Arbeitsspiel aus folgenden vier Takten: 1) Ansaugen frischer Ladung (Kraftstoff-Luft-Gemisch), 2) Verdichten, 3) Verbrennen des verdichteten Gemisches und Ausdehnen, wodurch die Arbeit geleistet wird (Arbeitshub), 4) Aus-schieben der verbrannten Gase (Abb. 1). Es ergeben sich also zwei Kurbelwellenumdrehungen je Arbeitsspiel und alle vier Takte ein Arbeitstakt. Die Steuerung des Gaswechsels erfolgt bei Viertaktmotoren meist durch Ventile (für jeden Zylinder je ein Einlaß- und ein Auslaßventil), seltener durch Schieber. Arbeitsweise eines Viertakt-Ottomotors mit Ventilsteuerung: 1. Takt (Ansaugen): Der Kolben geht vom oberen Totpunkt nach unten; das Einlaßventil ist hierbei geöffnet, und der Kolben saugt frisches Kraft-

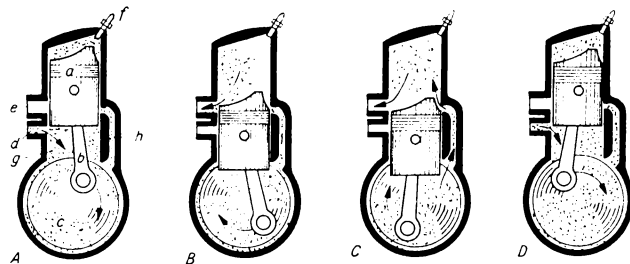
Verbrennungsmotor

stoff-Luft-Gemisch an; 2. Takt (Verdichten): Der Kolben geht vom unteren Totpunkt nach oben (Einlaß- und Auslaßventil sind geschlossen) und verdichtet das angesaugte Gemisch; 3. Takt (Verbrennen und Ausdehnen, Arbeitshub): Das verdichtete Gemisch wird entzündet, die hochgespannten Verbrennungsgase drücken den Kolben vom oberen nach dem unteren Totpunkt (Einlaß- und Auslaßventil sind geschlossen); 4. Takt (Ausschieben): Der Kolben geht vom unteren Totpunkt nach oben und schiebt die verbrannten Gase durch das offene Auslaßventil ins Freie. Über den Viertakt-Dieselmotor → Dieselmotor.



1 Arbeitsweise des Viertakt-Ottomotors. A 1. Takt: Ansaugen (Einlaßventil geöffnet); B 2. Takt: Verdichten; C 3. Takt (Arbeitstakt): Verbrennen und Ausdehnen (bei B und C beide Ventile geschlossen); D 4. Takt: Ausschleiben (Auslaßventil geöffnet). a Kolben, b Pleuelstange, c Kurbelwelle, d Einlaßventil, e Auslaßventil, f Zündkerze, g Vergaser

Die Ventilsteuerung erfolgt über eine von der Kurbelwelle angetriebene Nockenwelle, die seitlich (unten) liegend oder über dem Zylinderkopf des Motors (oben liegend) angeordnet ist. Seitlich (unten) liegende Nockenwellen werden oft durch Stirnräder angetrieben, oben liegende Nockenwellen meist durch Rollenketten, noch vereinzelt auch durch Königswellen. Bei oben liegender Nockenwelle kann (besonders bei Sportmotoren) je eine Nockenwelle für die Auslaß- und Einlaßventile vorhanden sein. Die Ventile können hängend (kopfgesteuerte V.en) oder stehend (seitengesteuerte V.en) angeordnet sein, oder es sind beide Anordnungen kombiniert. Bei seitengesteuerten V.en erfolgt die Betätigung der stehenden Ventile unmittelbar von der Nockenwelle aus über Stößel. Bei unten liegender Nockenwelle und hängenden Ventilen erfolgt die Ventilbetätigung gewöhnlich über Stößel, Stoßstange und Kipphebel. Das Schließen der Ventile bewirken eine oder mehrere Ventilefedern. Um ein einwandfreies Schließen der Ventile bei allen Betriebsbedingungen zu gewährleisten, werden die Ventilbetätigungsorgane



2 Arbeitsweise des Zweitakt-Ottomotors. A und B: 1. Takt, C und D: 2. Takt. A: Der Zündfunke springt über und bringt das beim vorhergehenden Takt verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch zur Verbrennung, gleichzeitig wird das Kurbelgehäuse mit frischem Gemisch geladen. B: Die verbrannten Gase strömen aus, das angesaugte frische Gemisch wird im Kurbelgehäuse vorverdichtet. C: Das vorverdichtete Gemisch strömt durch den Überströmkanal in den Zylinder, der Rest der verbrannten Gase wird ausgeschoben. D: Das Gemisch wird verdichtet und im nächsten Takt gezündet, gleichzeitig strömt frisches Gemisch in das Kurbelgehäuse ein. a Kolben (Nasenkolben), b Pleuelstange, c Kurbelwelle, d Einlaßkanal, e Auslaßkanal, f Zündkerze, g Kurbelgehäuse, das gleichzeitig als Spül- und Ladepumpe dient, h Überströmkanal

mit einem bestimmten Spiel eingestellt (Ventilspiel). Der natürliche Verschleiß der Steuerungselemente bedingt ein Nachstellen auf das vorgeschriebene Ventilspiel. Moderne V.en haben automatische Nachstellung.

2) Beim **Zweitaktmotor** ist das Arbeitsspiel auf zwei Takte zusammengedrängt, auf jede Kurbelwellenumdrehung kommt ein Arbeitstakt (Abb. 2). Die Steuerung des Gaswechsels erfolgt meist durch Schlitz(e) (Kanäle) in der Zylinderwand (bei dem im Fahrzeugbau meist verwendeten schlitzgesteuerten Kurbelkastenmotor je eine Kanalgruppe für Einlaß, Überströmen und Auslaß: Dreikanalsystem), die durch die obere oder untere Kolbenkante geöffnet oder geschlossen werden. Manche Zweitakt Dieselmotoren besitzen an Stelle der Auslaßschlitze Auslaßventile. Die Kurbelkasten-Zweitakter (alle Zweitakt-Ottomotoren) saugen das Kraftstoff-Luft-Gemisch nicht direkt in den Zylinder, sondern zunächst in das als Ladepumpe ausgebildete, völlig gasdichte Kurbelgehäuse; es ist hier somit zwischen Vorgängen im Kurbelgehäuse und im Zylinder zu unterscheiden. Bei Zweitakt-Dieselmotoren erfolgt die Spülung des Zylinders (mit Luft) meist mittels eines Gebläses, seltener mittels einer Ladepumpe (→ Dieselmotor). Arbeitsweise eines Zweitakt-Ottomotors (Dreikanalsystem): 1. Takt: Kurz bevor der Kolben den oberen Totpunkt erreicht hat, erfolgt die Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches. Der Kolben geht abwärts (Arbeitshub) und gibt den Auslaßkanal frei; die verbrannten Gase treten ins Freie. Kurz danach gibt der Kolben auf der Gegenseite den Überströmkanal frei, das in das Kurbelgehäuse angesaugte und durch den abwärtsgehenden Kolben vorverdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch strömt am Ende des Arbeitshubes durch diesen Kanal in den Brennraum und spült gleichzeitig den Zylinderraum von Abgasen aus. 2. Takt: Bei Aufwärtsbewegung des Kolbens wird im Kurbelgehäuse ein Unterdruck erzeugt und dadurch — nach Freigabe des Einlaßkanals durch die Kolbenunterkante — frisches Kraftstoff-Luft-Gemisch angesaugt. Im Zylinder wird nach Abdeckung des Auslaßkanals das Gemisch oberhalb des Kolbens verdichtet und im nächsten Takt gezündet.

Spülverfahren beim Zweitaktmotor. Bei der heute vorwiegend angewendeten **Umkehrspülung** wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch (beim Ottomotor) oder die Frischluft (beim Dieselmotor) durch die neben dem Auspuffkanal liegenden Überströmkanäle gegen die den Auspuffschlitzen gegenüberliegende Zylinderwand geblasen, staut sich dort auf und strömt an dieser nach oben. Bei der **Querspülung** liegt der Überströmkanal dem Auspuffkanal gegenüber; zur Ablenkung des Spülstromes nach oben ist eine Ablenknahe auf dem Kolben vorhanden. Die vereinzelt bei Dieselmotoren zu findende **Gleichstromspülung** ist hochwertig, aber teuer. Bei ihr tritt der Spülstrom durch Einlaßschlitze am unteren Ende des Zylinders ein, und die Abgase verlassen den Zylinder am anderen Ende durch die Auslaßventile oder Auslaßschlitze (Gegenkolbenmotor).

Der Zweitaktmotor ist in seinem Aufbau — er hat nur wenig bewegliche Teile — hinsichtlich der Wartung und Pflege einfacher und billiger, hat jedoch eine höhere Wärmebelastung und einen höheren Kraftstoffverbrauch; letzteres hängt damit zusammen, daß zum Ausspülen des Zylinders von den Verbrennungsgasen die überströmenden Frischgase verwendet werden, von denen ein Teil mit in den Auspuff gelangt. Der Viertaktmotor ist in seinem Aufbau komplizierter, hat jedoch hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Laufruhe gegenüber dem Zweitaktmotor wesentliche Vorteile.

Verdichtungsdruck. Die Höhe der Verdichtung (\rightarrow Kompression) von V.en ist abhängig vom Kraftstoff; dabei darf bei Motoren mit Fremdzündung die Selbstentzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches nicht erreicht werden; bei Motoren mit Selbstzündung wird die Verdichtung so hoch gewählt, daß sich der Kraftstoff von selbst entzündet. Bei hochverdichtenden Ottomotoren tritt bei Verwendung minderwertiger Kraftstoffe das \rightarrow Klopfen auf. Nach der Höhe der Verdichtung unterscheidet man **Niederdruckmotoren** (gemischverdichtende Motoren: alle Ottomotoren sowie die Gasmotoren), **Mitteldruckmotoren** (Glühkopfmotor) und **Hochdruckmotoren** (luftverdichtende Motoren: alle Dieselmotoren). Der besonders bei Rennwagen früher verwendete **Kompressormotor** ist ein V., dessen Zylinder durch einen Kompressor (Verdichter) mit Luft aufgeladen werden.

Die Schmierung der bewegten Teile erfolgt beim Viertaktmotor durch einen gesonderten Ölvorrat in der Ölwanne des V.s. Das Schmieröl wird von einer Zahnradpumpe den Lagern und sonstigen Schmierstellen unter Druck zugeführt und fließt dann in die Ölwanne zurück (Druckumlaufschmierung). Die Trockensumpfschmierung arbeitet ähnlich, nur wird das Öl bei ihr aus der Ölwanne zurück in einen außerhalb des Motors befindlichen Ölbehälter durch eine Rückförderpumpe gepumpt. Aus dem Ölbehälter wird es von der Ölpumpe angesaugt. Das Schmieröl muß nach einer bestimmten Zeit erneuert werden (Ölwechsel). Beim Zweitaktmotor (Kurbelkastenmotor) erfolgt die Schmierung durch die dem Kraftstoff beigegebenen Schmierstoffe (Gemischschmierung).

Kühlung. Unabhängig von Arbeitsverfahren und Art der Zündung werden für V.en zwei Kühlungsarten angewendet. Bei der **Flüssigkeitskühlung** wird eine Kühlflüssigkeit (meist Wasser) verwendet, die in einem Mantel Zylinderwände und Zylinderkopf umströmt und im Kreislauf umgewälzt wird. Die Umwälzung erfolgt selbsttätig durch den Masseunterschied von kälterem und wärmerem Wasser (Wärmeumlauf- oder Thermosyphonkühlung) oder zwangsläufig durch eine vom Motor angetriebene Wasserpumpe (Pumpenumlaufkühlung). Zur Rückkühlung der Kühlflüssigkeit dient ein \rightarrow Kühler (Wasserröhren-, Luftröhren-, Lamellenkühler), der vom Fahrtwind, vom Luftstrom eines Lüfters (Gebläse) oder von beiden beaufschlagt wird. V.en mit **Luftkühlung** haben stark verripte Zylinder und Zylinderköpfe; der Wärmeaustausch wird durch die vorbeistreichende Luft bewirkt. Abgesehen von V.en für manche Kraffräder, bei denen der Zylinder unmittelbar im Fahrtwind liegt, ist bei luftgekühlten Fahrzeugmotoren in den meisten Fällen ein Gebläse erforderlich (Gebläseluftkühlung). Neuerdings wendet man z. B. bei Rennwagen die **Ejektor-Kühlung** an, wobei die Energie der Auspuffgase zum Ansaugen der Kühlluft ausgenutzt wird.

Der Vorteil wassergekühlter V.en besteht darin, daß sie durch die Wassenumwandlung geräuscharmer sind und daß unabhängig von der Außentemperatur eine gleichmäßige Kühlwirkung vorhanden ist. Nachteilig ist die höhere Masse, außerdem muß im Winterbetrieb bei für längere Zeit abgestelltem Fahrzeug das Wasser abgelassen oder durch Zusatz von Gefrierschutzmitteln ein Einfrieren verhindert werden. Der luftgekühlte V. erfordert diesen Aufwand bei Winterbetrieb nicht.

Zylinderanordnung (Abb. 3). **Einzylindermotoren** werden stehend oder liegend angeordnet. **Mehrzylindermotoren:** Größere Einheiten mit 4, 6, 8 und mehr Zylindern sind als **Reihenmotor** mit hintereinanderstehenden Zylindern ausgebildet oder als **V-Motor**, bei dem zwei Zylinder-

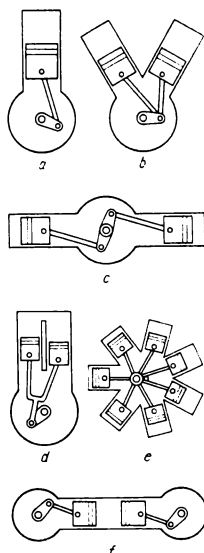
reihen V-förmig zueinander stehen. Zweizylinder-motorradmotoren, deren Zylinder in Reihe angeordnet sind, werden auch **Twin** genannt. Ein Reihenmotor mit liegenden Zylindern, bei Omnibussen und LKW zum Einbau im Rahmen zwischen den Achsen unter dem Fahrzeugboden, wird als **Unterflurmotor** bezeichnet. Durch Aufstellung in zwei Zylinderreihen (in V-Form) wird die Baulänge verkürzt. Das gleiche gilt für den **Boxermotor**, bei dem die Zylinder gegenüberliegend angeordnet sind. Bei Reihenanordnungen sind die Kurbelwellenköpfungen um bestimmte Winkel gegeneinander versetzt. Bei dem meist luftgekühlten **Sternmotor** (für Flugzeuge) bilden die Zylinder in einer Ebene strahlenförmig einen Stern und arbeiten auf einem Kurbelzapfen. Der **Doppelsternmotor** besteht aus zwei Sternmotoren in parallelen Ebenen, die um einen halben Sternwinkel versetzt sind. Der **Doppelkolbenmotor** ist ein V. mit zwei Arbeitskolben, die einen gemeinsamen Verbrennungsraum haben. Bei Doppelkolbenmotoren mit parallellaufenden Kolben (U-Motor) sind diese über eine gegabelte Pleuelstange mit der Kurbelwelle verbunden; der eine Kolben steuert den Auslaß, der andere den Überströmschlit. Doppelkolbenmotoren werden bei Kraffrädern verwendet. Bei **Gegenkolbenmotoren** ist die Laufrichtung der Kolben entgegengesetzt. Der eine Kolben arbeitet über die Pleuelstange direkt auf die Kurbelwelle, der andere, entgegenlaufende Kolben ist durch Querhaupt und Zugstangen mit der gleichen Kurbelwelle verbunden, oder er besitzt eine eigene Kurbelwelle, die mit der anderen durch Zahnräder verbunden ist. Große Leistungen werden bei ortsfesten Motoren auch durch Doppelwirkung der Kolben erreicht (\rightarrow doppeltwirkend). Die Zylinderanordnung ergibt sich aus dem Verwendungszweck und den Platzverhältnissen z. B. im Kraftfahrzeug. Im modernen Motorenbau werden heute Vierzylindermotoren mit kleinem Zylinderhubvolumen vorgezogen.

Kraftstoffe. Zum Betrieb der V.en dienen flüssige, gasförmige und feste \rightarrow Kraftstoffe. Die gebräuchlichsten flüssigen Kraftstoffe, z. B. Benzin, Benzol, Alkohol oder Gemische derselben, werden für Ottomotoren verwendet, für den Dieselmotor kommen in erster Linie die höher siedenden Fraktionen in Betracht (\rightarrow Kraftstoffe). Die gasförmigen Brennstoffe, z. B. Stadtgas oder flüssiggase (wie Propan, Butan), Methan und Gichtgase, werden in erster Linie für stationäre Antriebe verwendet, teilweise auch zum Betrieb von Fahrzeug-Ottomotoren. Der **Kohlenstaubmotor** bläst fein verteilten Kohlenstaub in die hochverdichtete Luft ein und ist damit der einzige V., der feste Kraftstoffe direkt im Zylinder verarbeitet. Er arbeitet mit Selbstzündung.

V.en müssen, da sie nicht selbsttätig anlaufen können, durch einen kleinen Gleichstrom-Hauptstrommotor, den \rightarrow Anlasser, angelassen werden. Bei manchen V.en ist das Anwerfen mit einer Andrehkurbel möglich.

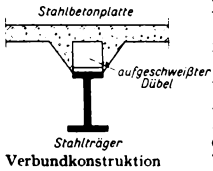
V.en werden zum Antrieb von Kraftfahrzeugen, Triebwagen, Lokomotiven, Schiffen und Flugzeugen sowie von Generatoren, Verdichtern und anderen Maschinen verwendet. Die Leistung von V.en beträgt bei Ottomotoren für Motorräder bis zu 50 PS, bei Dieselmotoren beträgt sie für Kraftwagen bis 400 PS, für Flugzeuge bis 3500 PS, für Lastkraftwagen bis 650 PS, für Lokomotiven und Triebwagen bis 4000 PS, für Schiffe und stationäre Anlagen bis 35000 PS.

Die Bestimmung der Motorleistung erfolgt bei Fahrzeug-Verbrennungsmotoren auf verschiedene Weise. Nach TGL 8346 (entspricht DIN 70020) wird die Motorleistung in dem dem Verwendungszweck entsprechenden Zustand, also



3 Zylinderanordnung beim Verbrennungsmotor:
a stehender Einzylindermotor, b V-Motor, c Boxermotor, d Doppelkolbenmotor, e Sternmotor, f Gegenkolbenmotor

Verbrennungswärme



mit Ansaug- und Auspuffanlage, Lüfter, Wasserpumpe bzw. Kühlluftgebläse, Kraftstoffpumpe, Einspritzpumpe und unbelasteter Lichtmaschine, bei einem Druck von 760 Torr und einer Temperatur von 20°C ermittelt (DIN-PS). In Amerika wird die Leistung nach SAE-Normen bestimmt. Der Motor wird dabei ohne die oben genannten leistungsverzehrenden Aggregate bei einer Temperatur von 16°C gebrüstet. Die nach SAE ermittelte Leistung in SAE-PS liegt deshalb 15 bis 20% über der nach TGL ermittelten. In Italien wird die Leistung nach CUNA-Normen ohne Auspuff- und Ansauganlage gemessen (CUNA-PS). Die Bezugstemperatur ist dabei 15°C. Die so ermittelte Leistung liegt zwischen der SAE- und TGL-Leistung.

Lit. Heise: Zweitakt-Fahrzeugmotoren (4. Aufl. Leipzig 1955); Inosemzew: Wärmekraftmaschinen, Bd 1 (dtsh. Berlin 1954); Jachmann: Kraftfahrzeugkunde, Bd 1 (8. Aufl. Leipzig 1958); Jante: Ven (Berlin 1952), Über Ven und Kraftfahrwesen (Bd 1 Berlin 1956, Bd 2 1959); Spengler: Technische Daten über den Kraftfahrzeugmotor (2 Bde, Halle 1952/53); → Dieselmotor, → Kraftfahrzeug.

Verbrennungswärme, die Wärme in kcal oder kcal, die bei der vollständigen Verbrennung eines Stoffes, d. h. bei Überführung eines Elements oder einer Verbindung in stabile Oxide, abgegeben wird. Die V. wird meist auf 1 Mol bezogen (molare V.). Sie kann unter konstant gehaltenem äußerem Druck (Verbrennungsenthalpie ΔH_V) oder bei konstant gehaltenem Volumen (Verbrennungsenergie ΔU_V) bestimmt werden. Experimentell ermittelt man ΔU_V in der kalorimetrischen Bombe (→ Kalorimeter). Die V.n sind in der Praxis wichtig zur Berechnung von Reaktions- und Bildungswärmen. Der Begriff V. wird in der Technik auch für die früher übliche Bezeichnung oberer Heizwert gesetzt.

Verbundbauweise, → Sandwichbauweise, → Wabenbauweise.

Verbundbetrieb, **Verbundwirtschaft**, in der Energiewirtschaft die Betriebsform der zu einem Verbundnetz zusammengeschalteten Übertragungsleitungen, z. B. eines Elektroenergie- oder Gasversorgungssystems, und der in dieses Verbundnetz einspeisenden Energieerzeugungsanlagen, z. B. Kraft- oder Gaswerke. Bei Störungen in einzelnen Erzeugungs- und Übertragungsanlagen kann durch Umschaltungen in einem solchen Netz die Energielieferungsunterbrechung weitgehend vermieden werden. Der Ausfall einer Erzeugungsanlage wird durch Lastübernahme der restlichen Anlagen ausgeglichen. Die Reserve an Erzeugungsanlagen kann wesentlich geringer gehalten werden als in Einzelnetzen, die nur mit einer Erzeugungsanlage verbunden sind. Die vorhandenen verschiedenen Erzeugungsanlagen lassen sich wirtschaftlich entweder kurzzeitig zur Deckung der Spitzenlast oder ständig zur Deckung der Grundlast einsetzen (→ Belastung).

In der DDR befinden sich die Grundlastkraftwerke in der Nähe der Braunkohlengruben. Sie sind über das Verbundnetz mit den Belastungsschwerpunkten (Industrie, Großstädte) verbunden. Während der Tages-Spitzenbelastungszeiten werden zusätzlich Kraftwerke in Verbrauchernähe und besonders standortgebundene Pumpspeicher-Wasserkraftwerke als Spitzenlastkraftwerke eingesetzt.

Verbundguß, ein Gießverfahren zum Verbinden von zwei verschiedenen Werkstoffen, z. B. beim Plattieren. Man unterscheidet drei Arten des Verbundgusses: 1) Ein leichter fließendes Deckmetall wird in einer Form (Kokille) auf ein schwerer fließendes, festes Grundmetall herumgegossen; 2) ein leichter fließendes Grundmetall wird zwischen schwerer fließende feste Deckplatten gegossen; 3) ein Ergänzungsstück aus leichter fließendem Werkstoff wird an ein fertiges, schwerer fließendes Formstück angegos-

sen. An der Berührungsfläche beider Metalle tritt ein Legieren durch Diffusion ein.

Verbundkonstruktion, eine Konstruktion im Hoch- und Brückenbau, bei der mehrere Bauelemente (Stahlträger und Stahlbetonplatten) mit unterschiedlichen Eigenschaften so zusammengefügt sind, daß sich ihre Eigenschaften in gewünschter und materialsparender Weise in einer Tragkonstruktion ergänzen. **Verbundtragwerke** bestehen aus Tragteilen aus Stahl und solchen aus Stahlbeton oder Beton. Die Verbindung der Tragteile stellt die gemeinsame Aufnahme der statischen Größe in einem einheitlichen Querschnitt sicher. Die kraftschlüssige Verbindung wird durch auf den Stahlträger aufgeschweißte Dübel, Nocken oder Bügel erzielt. Durch die Verstärkung der Druckzone mit Beton erfolgt eine erhebliche Stahleinsparung. Bei vorgespannter V. (→ Spannbeton) kann die Vorspannung der Betonplatte vor oder nach dem Verbund erfolgen. Bei Hochhäusern in Stahlskelettauflösung werden die Stahlbetondecken, um eine Verbundwirkung mit dem Stahlskelett zu erreichen, monolithisch oder als Fertigteildecken mit einem hohen Ortbetonanteil eingebracht (Teilmontagebau). (Abb.)

Verbundmaschine, → Dampfmaschine, → elektrische Maschine.

Verbundmotor, 1) eine als Motor eingesetzte Verbundmaschine, → elektrische Maschine.

2) → Flugtriebwerke.

Verbundplatte, eine Platte aus drei miteinander verklebten Lagen aus unterschiedlichen Werkstoffen, → Sandwichbauweise.

Verbundplattenbauweise, sw. → Sandwichbauweise.

Verbundröhre, eine → Elektronenröhre.

Verbundwerkstoffe, durch Verbinden mehrerer Werkstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften entstandene Werkstoffe. V. werden z. B. durch Plattieren (Aufwalzen), durch Umgießen oder pulvermetallurgisch hergestellt. Ausgangswerkstoffe sind Metalle und Nichtmetalle. V. setzt man vor allem dann ein, wenn an ein Werkstück Forderungen gestellt werden, die ein Werkstoff allein nicht erfüllen kann, z. B. hohe Verschleißfestigkeit und gute elektrische Leitfähigkeit (Kontaktwerkstoffe), verschiedene große Längenänderung bei Temperaturänderung (Thermometalle) oder hohe Verschleißfestigkeit und gute Wärmeleitfähigkeit (Verbundguß). Weiterhin verwendet man vielfach V., bei denen nur die Oberfläche aus korrosionsbeständigem Material besteht. Man erzielt dadurch gleiche Korrosionsbeständigkeit oder gleiches dekoratives Aussehen wie bei ausschließlicher Verwendung von korrosionsbeständigen Werkstoffen und spart dabei Kosten und Legierungselemente.

Verbundwirtschaft, sw. → Verbundbetrieb.

Verchromen, das Überziehen von Metallgegenständen mit einer Chromschicht als Korrosionsschutz, zur Erhöhung des Abnutzungswiderstandes und aus dekorativen Gründen. Beim galvanischen **Glanz-** und **Hartverchromen** wird Chrom aus der Badflüssigkeit, die Chrom(VI)-oxid, Chrom(III)-sulfat, Schwefelsäure und Borsäure enthält, an dem zu verchromenden Werkstück, das als Kathode dient, elektrolytisch abgeschieden. Beim dekorativen Glanzverchromen wird der Gegenstand erst vernickelt und danach mit einer dünnen, glänzenden Chromschicht überzogen. Beim Hartverchromen wird eine dickere, verschleißmindernde Chromschicht aufgetragen. Hartverchromt werden z. B. Meßwerkzeuge, Wellen, Lagerzapfen, Ventile, Kugellagerschalen und -kugeln. Stählerne Gegenstände lassen sich auch dadurch hart verchromen, daß man sie mit einer Aufschlammung, die Chrompulver und Chrom(II)-chlorid enthält,

besprüht und für kurze Zeit auf etwa 1000 °C erhitzt (Diffusionsverchromen).

Verdampfer, ein Gerät zur Herstellung salzfreien Speisewassers für Dampfkessel, z. B. aus Seewasser (Tauch- und Umlaufverdampfer).

Verdampferpumpen, → Vakuumpumpe.

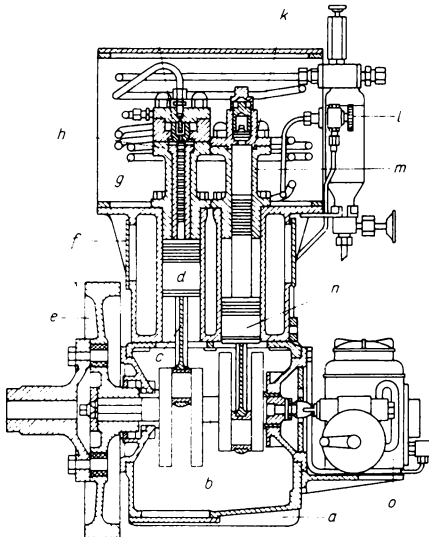
Verdampfung, die Überführung einer Flüssigkeit, manchmal auch eines Feststoffes (→ Sublimation), in den gasförmigen Aggregatzustand durch Wärmezufuhr. Handelt es sich um die V. eines Lösungsmittels aus einer Lösung, spricht man auch von Konzentrieren (→ Eindampfen). Die aus der Flüssigkeit austretenden Moleküle müssen sowohl die Kohäsionskräfte als auch den Außendruck überwinden. Die dazu notwendige kinetische Energie erhalten sie durch die zugeführte → Verdampfungswärme. Ist die über der Flüssigkeit vorhandene Dampfspannung gleich dem Systemdruck, so siedet die Flüssigkeit und verdampft. Ist die Dampfspannung dagegen kleiner, spricht man von → Verdunstung. Beim technischen Prozeß kann die V. des Lösungsmittels in Einkörper- oder Mehrkörperanlagen betrieben werden. Den entstehenden **Brüden-dampf** kann man zur Beheizung der nachgeschalteten Apparate verwenden.

Lit. Rant: Verdampfen in Theorie und Praxis (Dresden u. Leipzig 1950), Diagramm-Mappe (Dresden u. Leipzig 1961); → Verfahrenstechnik.

Verdampfungswärme, die Wärme, die nötig ist, um 1 g einer flüssigen Substanz ohne Temperaturerhöhung in 1 g Dampf (von gleicher Temperatur) umzuwandeln. Umgekehrt heißt die 1 g Dampf bei Umwandlung in 1 g Flüssigkeit von der gleichen Temperatur wie der Dampf entzogene Wärme **Kondensationswärme**. Verdampfungs- und Kondensationswärme unterscheiden sich für ein und dieselbe Substanz nur durch das Vorzeichen.

Verdetsche Konstante, → Faraday-Effekt.

Verdichter, Kompressor, eine Arbeitsmaschine zum Verdichten von Luft und anderen Gasen mit einem Druckverhältnis (Enddruck : Anfangsdruck) von über 3,0 (im Gegensatz zu → Lüfter und → Gebläse). V. werden eingeteilt in Hubkolben-, Umlaufkolben- und Kreisverdichter.



1 Dreistufiger stehender Zweikurbel-Kolbenverdichter im Schnitt. a Kurbelgehäuse, b Kurbelwelle, c Pleuelstange, d Kolben 1. und 3. Stufe, e Schwungrad, f Zylinderblock, g Kühlung, h Zylinder 3. Stufe, i kombiniertes Saug- und Druckventil 3. Stufe, k Zylinderkopf 2. Stufe, l Abscheider, m Zylinder 2. Stufe, n Kolben 1. und 2. Stufe, o Schmieranlage

1) **Hubkolbenverdichter** sind in Kolbenbauart (Kolbenverdichter) oder in Membranbauart (Membranverdichter) ausgeführt. Beim **Kolbenverdichter** (Abb. 1) saugt ein durch die Antriebsmaschine über Kurbelwelle und Pleuelstange in einem Zylinder hin- und herbewegter Kolben beim Hingang das Fördermittel durch das Saugventil an und verdichtet es beim Rückgang. Bei bestimmtem Druck wird es durch das sich öffnende Druckventil in die Druckleitung gefördert. Kolbenverdichter werden für Luft mit Enddrücken bis etwa 4 bar einstufig, bis etwa 12 bar zweistufig, bei größeren Enddrücken drei- und höherstufig (maximal siebenstufig) ausgeführt; die Luft wird dabei im ersten Zylinder auf einen Teildruck (Stufendruck), im folgenden auf einen höheren Teildruck und im letzten Zylinder auf den gewünschten Enddruck verdichtet. Dabei ist Zwischenkühlung erforderlich. Der Höchstdruck beträgt bis 2500 bar und darüber, der Förderstrom bis etwa 25000 m³/h. Kolbenverdichter werden als Ein-, Zwei- oder Mehrkurbelverdichter ausgeführt. Der Ungleichförmigkeitsgrad, der durch ein Schwungrad verkleinert werden kann, ist bei Mehrkurbelverdichtern kleiner als bei Einkurbelverdichtern. Beim **Membranverdichter** erfolgt die abwechselnde Vergrößerung und Verkleinerung des Hubraumes durch die Bewegung einer nachgiebigen Membran aus Stahl, Nickel oder Plast. V. dieser Bauart sind besonders geeignet für kleine Ansaugmengen (1 bis 100 m³/h) und Enddrücke von 20 bis 1000 bar. Membranverdichter werden eingesetzt zum Verdichten von Edelgasen sowie überall dort, wo das Fördermedium nicht mit der Stopfbuchse oder dem Schmiermittel in Berührung kommen darf.

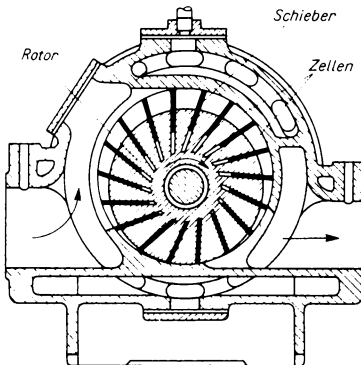
2) **Umlaufkolbenverdichter** (**Drehkolbenverdichter**) sind ausgeführt als Zellen-, Schrauben- oder Flüssigkeitsringverdichter (→ Gebläse). Beim **Zellenverdichter** dreht sich in einem wasser- oder luftgekühlten Gehäuse ein exzentrisch zur Gehäusemitte gelagerter zylindrischer Rotor, so daß ein sichelförmiger Arbeitsraum entsteht. Dieser Raum wird durch eine Anzahl von Schiebern, die in Schlitzen des Rotors gleiten und durch die Fliehkraft nach außen geschleudert werden, in Zellen unterteilt. Bei Drehung des Rotors werden die saugseitigen Zellen mit dem Fördermedium (Luft, Gas) gefüllt, bis der Abschluß durch die Gehäusewand erfolgt. Durch die bei der weiteren Drehung eintretende Verkleinerung der Zelle wird das Fördermittel verdichtet und durch den Druckstutzen in die Druckleitung gefördert. Zellenverdichter werden für Förderströme von etwa 25 bis 6300 m³/h und Verdichtungs-Enddrücke bis zu 4 bar bei einstufiger oder bis zu 8 bar bei zweistufiger Ausführung gebaut.

3) Bei den **Kreisverdichtern** (**Turboverdichter**) unterscheidet man nach der Richtung des aus dem Laufrad ausströmenden Gases vorwiegend zwischen V.n radialer Bauart (Radialverdichter) und axialer Bauart (Axialverdichter). Bei **Radialverdichtern** wird die Druckerhöhung durch umlaufende, mit mehreren Schaufeln besetzte Laufräder erzeugt. Durch ihre hohe Drehzahl wird eine Steigerung des Druckes sowie der Geschwindigkeit des Fördermittels bewirkt; die Geschwindigkeitsenergie wird im nachgeschalteten, feststehenden Leitapparat (beschaufeltes Leitrad, Leitring oder Spiralgehäuse) ebenfalls für die Druckerhöhung nutzbar gemacht. In eingehängiger Ausführung werden mit 6 hintereinander angeordneten Laufrädern (Stufen) für Luft Enddrücke bis etwa 9 bar erzielt, wobei der Förderstrom bis 100000 m³/h betragen kann. Für höhere Drücke (bis etwa 35 bar) werden 2 bis 3 Gehäuse hintereinandergeschaltet. Zwischenkühlung ist erforderlich. **Axialverdichter** sind zur

Verdichtung besonders großer Ansaugmengen geeignet. Das Fördermittel strömt axial durch die Laufräder und Leitvorrichtungen. Axialverdichter sind meist mit einer größeren Zahl von Stufen ausgerüstet, da die in einer Stufe erzielbare Druckerhöhung gering ist. Die auf den Laufrädern aufgesetzten Schaufeln haben Tragflügelprofile, dadurch können die Verluste klein gehalten und hohe Wirkungsgrade erzielt werden. Der Förderstrom beträgt bis zu 300 000 m³/h.

Über den **Freikolbenverdichter** → Freikolbenmaschine.

Der Antrieb von V.n erfolgt durch eine direkt gekuppelte Dampf- oder Gasturbine, bei kleineren und mittleren Leistungen durch einen Elektromotor, oft unter Zwischenschaltung eines Getriebes. Kolbenverdichter werden vorwiegend durch Elektromotoren angetrieben. Man verwendet V. in Bergbau- und Hüttenbetrieben z. B. zur Bewetterung der Schachtanlagen, zum Blasen der Hochöfen oder zur Verdichtung von Gichtgas, in der chemischen Industrie und der Nahrungsmittelindustrie zur Verdichtung oder Förderung von Luft, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenoxid sowie vielen Gasgemischen, ferner in vielen Industriezweigen und zur Förderung z. B. von Schüttgütern (→ pneumatische Förderer), als Kraftübertragungsmittel zum Antrieb von Werkzeugen, Maschinen und Geräten (→ Druckluft).



2 Zellenverdichter

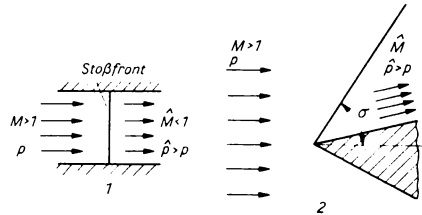
Lit. Eckert: Axialkompressoren und Radialkompressoren (2. Aufl. Berlin 1961); Fröhlich: Kolbenverdichter (Berlin 1961); Gebhardt: Arbeitsweise und Berechnung von Kolbenpumpen und Kolbenverdichtern (Leipzig 1958); Kluge: Kreiselpumpen und Kreiselpumpen radialer Bauart (Berlin 1953); Pfeleiderer: Die Kreiselpumpen für Flüssigkeiten und Gase (5. Aufl. Berlin 1961); Ris: Fliehkraftkompressoren (dtsch Berlin 1953); Frenkel: Kolbenverdichter (dtsch Berlin 1967); Weber: Arbeitsmaschinen, 2 Bde (Berlin, Bd 1 3. Aufl. 1967, Bd 2 3. Aufl. 1966); Technisches Handb. V. (2. Aufl. Berlin 1967).

Verdichtung, swv. → Kompression.

Verdichtungsmaschinen, → Baumaschinen, → Straßenbaumaschinen.

Verdichtungsstoß, eine unstationäre (stoßartige) Verdichtung, die sich als Druckwelle mit Überschallgeschwindigkeit relativ zum Medium fortpflanzt. Der V. ist thermodynamisch ein irreversibler Prozess mit wachsender Entropie und konstanter Ruheenthalpie. Ein Teil der Strömungsenergie geht in Wärme über, wodurch ein bleibender Druckverlust, der **Stoßverlust**, eintritt. Bei Überschallströmungen in Rohren und vor stumpfen Körpern steht die Störungslinie (Stoßfront) senkrecht zur Strömungsrichtung (**senkrechter V.**). Bei Umströmung eines keilförmigen Körpers mit Überschallgeschwindigkeit bildet die Stoßfront mit der Strömungsrichtung einen

Winkel σ , der nur für sehr schwache Stöße gleich dem Machschen Winkel α_M (→ Gasdynamik) ist (**schräger V.**). Zur verlustarmen Abbremsung von Strömungen mit Überschall- auf Unterschallgeschwindigkeit wird ein **Stoßdiffusor**, d. i. ein durchströmter Körper mit einem System von schrägen Verdichtungsstößen und einem senkrechten V., benutzt.



1 Senkrechter Verdichtungsstoß, 2 schräger Verdichtungsstoß; M Machzahl vor dem Stoß, M' Machzahl nach dem Stoß, p Druck vor dem Stoß, p' Druck nach dem Stoß

Ein mit Überschallgeschwindigkeit fliegendes Flugzeug schleppt die Stoßfront eines schrägen V.es mit sich. Hat die von der Stoßfront ausgehende Druckwelle einen Beobachter erreicht, nimmt er sie als Knall wahr, → Überschallknall.

Verdrängerpumpen, → Pumpe, → Vakuumpumpe.

Verdrängungsarbeit, in der Wärmelehre eine Zustandsgröße, die die Arbeit angibt, die notwendig ist, um in einem Raum vom Druck p den Platz für das Gasvolumen V freizumachen. Die V besitzt die Größe pV und ist gleich der Differenz von → Enthalpie H und → innerer Energie U : $pV = H - U$.

Verdrängungsdicke, → Grenzschicht.

Verdrehfestigkeit, **Torsionsfestigkeit**, Zeichen τ_{tB} , der Widerstand, den ein Körper einem Drehmoment entgegensetzt, das ihn auf Verdrehung beansprucht. In der Werkstoffprüfung wird die Schubspannung, die beim Verdrehen eines Bauteils, z. B. eines Gewindebohrers, oder einer Probe zum Bruch führt, als V bezeichnet:

$$\tau_{tB} = \frac{M_{t \max}}{W_p} \text{ in kp mm}^{-2} \quad (M_{t \max} = \text{maximales Drehmoment, } W_p = \text{polares Widerstandsmoment}).$$

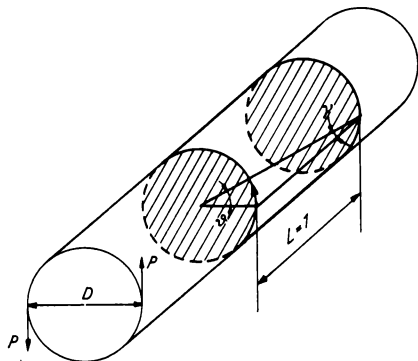
Sie ist eine wichtige Berechnungsgrundlage bei Werkstoffen für umlaufende Wellen (→ Verdrehversuch).

Verdrehung, **Verwindung**, **Torsion**, **Drillung**, die Beanspruchung eines Körpers, bei der dessen Längsfasern in eine schrauben- oder spiralförmige Gestalt gebracht werden. Hierdurch entstehen in dem Körper Schubspannungen (→ Scherung), die ihn wieder in die ursprüngliche Lage zurückzuführen suchen (→ Verdrehfestigkeit). Konstruktionselemente, die im Betrieb auf V beansprucht werden, prüft man mit Hilfe des → Verdrehversuchs. Beim → Verwindversuch wendet man ebenfalls eine Beanspruchung auf V an, um innere Fehler in Halbzeugen festzustellen.

Verdrehversuch, **Torsionsversuch**, ein Verfahren der Werkstoffprüfung, dient zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften metallischer Werkstoffe unter Verdrehbeanspruchung. Der V. ist nicht standardisiert. Als Prüfkörper sind besonders zylindrische Stäbe geeignet. Sie werden in Verdrehmaschinen eingespannt, die meist so gebaut sind, daß an einer Einspannvorrichtung die Verdrehung hervorgerufen wird und an der anderen das Drehmoment M_t gemessen werden kann. Außerdem muß eine Einspannung so ausgebildet sein, daß sie Längenänderungen der Probe ausgleichen kann. Beim V. treten im beanspruchten Querschnitt Schubspannungen τ auf, die mit dem Abstand von der Stabachse

größer werden. Für kreisförmige Querschnitte gilt folgende Beziehung: $\tau = \frac{M_t}{W_p}$ ($M_t = D \cdot P$ = Drehmoment, $W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$ = polares Trägheitsmoment, D = Stabdurchmesser, P = Kräftepaar).

Man bezeichnet den Winkel, um den 2 Querschnitte der Probe im Abstand l gegeneinander verdreht werden, als Drillung ϕ . Eine ursprünglich zur Stabachse parallele Linie geht dabei in eine Schraubenlinie über. Den Winkel, um den 2 Punkte auf dieser Linie gegeneinander verdreht werden, bezeichnet man als Schiebung γ , $\gamma = \phi \frac{D}{2}$. Sie ist ein Maß für die Verformung des Werkstoffes. Bei kleinen Verdrehwinkeln



Beziehung zwischen Schiebung und Drillung bei Verdrehbeanspruchung (schematisch)

verhält sich die Probe elastisch, und es gilt das Hookesche Gesetz (\rightarrow Elastizität): $\tau = G \cdot \gamma = \frac{\gamma}{\beta}$

(G = Schubmodul, $\beta = \frac{1}{G}$ = Schubzahl). Stärkere Verdrehungen führen bei zähen Werkstoffen zu bleibenden Verformungen, die in der Randzone beginnen und sich nach der Stabachse zu fortsetzen. Als Grenzspannung für den elastischen Bereich bestimmt man mitunter die 0,02-Schubgrenze, die der 0,01-Dehngrenze beim Zugversuch entspricht. Weiche Stähle besitzen eine ausgeprägte Fließgrenze. Ist sie nicht deutlich beobachtbar, ermittelt man die 0,4-Schubgrenze, die der 0,2-Grenze beim Zugversuch vergleichbar ist. Bei weiterem Verdrehen nimmt das Drehmoment bis zum Bruch zu. Die Verdrehung ist über die Länge des Stabes gleichmäßig. Örtlich stärkere Verdrehungen weisen auf Materialfehler hin. Der Bruch tritt beim V. an zähen Werkstoffen in der Richtung der größten Schubspannungen ein, d. h. senkrecht oder parallel zur Probenachse. Spröde Materialien brechen in der Ebene der größten Normalspannungen. Sie ist um 45° zur Probenachse geneigt, und der Bruch verläuft am Rand etwa wie eine Schraubenlinie.

Verdünnungslinien, \rightarrow Gasdynamik.

Verdunstung, der unterhalb des Siedepunktes erfolgende Übergang einer Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand. Die V. vollzieht sich im Gegensatz zum \rightarrow Sieden nur an der Oberfläche der verdunstenden Flüssigkeit. Sie nimmt mit steigender Temperatur zu und geht am Siedepunkt in den Siedeprozess über. Bei der V. wird Wärme verbraucht, die der Flüssigkeit und der Umgebung entzogen wird; dieser Wärmeentzug bewirkt **Verdunstungskälte**. So verspürt man beim Übergießen der Haut mit einer niedrigsiedenden

Flüssigkeit, z. B. Äther oder Benzin, ein Kältegefühl. Die V. des Wassers in der Natur ist abhängig von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Luftdruck. Die Differenz zwischen Einnahme (an Niederschlag) und Abgabe (Abfluß) heißt in der Meteorologie **Verdunstungsgröße**, deren Betrag wie beim Niederschlag in Millimeter Wasserhöhe angegeben wird. Zur Messung der Verdunstungsgröße dienen \rightarrow Verdunstungsmesser. V. findet bei jeder Temperatur über dem Taupunkt der betreffenden Luftmasse statt, also auch bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, so daß auch Schnee und Eis verdunsten. Die jährliche Verdunstungsgröße beträgt in unseren Breiten im Mittel 35 bis 50 cm, in den Tropen 120 cm Wasserhöhe.

Verdunstungsmesser, **Atmometer**, **Evaporimeter**, **Lysimeter**, ein Instrument zur Bestimmung der Verdunstung. V. zeigen an, wieviel Wasser bei einer bestimmten Witterung verdunsten kann. Das **Piche-Gerät** besteht aus einem mit Wasser gefüllten Meßzylinder, der durch ein rundes Stück Filterpapier geschlossen wird. Dreht man den Apparat um, so saugt das Filterpapier Wasser auf, das an der Papieroberfläche verdunstet. Diese Oberfläche besitzt eine bestimmte Temperatur, die der des feuchten Thermometers beim Psychrometer entspricht. Der V. von **Leistner-Robitzsch** verwendet einen Verdunstungskörper mit geringer Wärmekapazität und zylindrischer Form. Die Messung der Verdunstungshöhe ist damit unabhängig von der Windrichtung.

Zur Bestimmung der Verdunstung in natürlichen Bereichen (Wiesen, Pflanzenbestände, Wald) werden in **Lysimeteranlagen** diese Bodenbereiche einschließlich der genannten Vegetation unter geringstmöglicher Störung der natürlichen Verhältnisse in Größenordnung von 10^0 bis 10^4 m^3 ausgeschnitten und mit Meßanlagen eine laufende Masse-, Niederschlags- und Abflußkontrolle durchgeführt. Rechnerisch läßt sich dann die Verdunstung ziemlich genau ermitteln.

Verdüsen, das Aufteilen eines Flüssigkeits- oder Suspensionsstrahles in eine große Zahl von Einzeltröpfchen mittels Pressens durch eine Düse. Wie beim \rightarrow Zerstäuben wird auch beim V. eine feine Verteilung der Flüssigkeit auf eine größere Fläche bzw. die Erzeugung einer großen Oberfläche angestrebt.

Veredeln, 1) frühere Bezeichnung für \rightarrow Stoffeigenschaftsändern. 2) \rightarrow Textilveredlung.

Vereinigen, das Herstellen eines Stoffgemisches aus einzelnen Komponenten desselben Stoffes oder aus verschiedenen Phasen. Prozesse der Stoffvereinigung spielen vor allem in der chemischen Verfahrenstechnik, aber auch in der keramischen Industrie, bei der Herstellung pharmazeutischer Produkte, bei der Kohleveredlung, in der Hüttenindustrie u. a. eine bedeutende Rolle. Unter Anwendung von mechanischer Energie verlaufende Prozesse sind Mischen, Rühren, Kneten, Suspendieren, Emulgieren, Verschäumen, Tabletieren, Agglomerieren, Brikkettieren, Granulieren u. a. m. Thermische Energie wird zum Lösen, Sintern und Einschmelzen benötigt.

Vereisung, in der Luftfahrt Eisansatz an Luftfahrzeugen beim Flug durch mit Wassertröpfchen gesättigte Luft, deren Temperatur tiefer als 0°C ist. Bei Berührung mit Luftfahrzeugteilen wird das unterkühlte Wasser zu Eis, das sich vornehmlich an Frontscheiben, Luftschrauben sowie Tragflügel- und Leitwerksnasen festsetzt, wodurch das Tragflügel- bzw. Leitwerksprofil erheblich verändert und die Flugmasse bedeutend erhöht wird. Die Profiländerungen vermindern den Auftrieb erheblich, so daß die Flugfähigkeit nicht mehr gewährleistet ist.

Zum Schutz gegen V. sind in den Luftfahrzeugen an besonders gefährdeten Stellen **Enteisungsanlagen** eingebaut. Bei thermischen Anlagen werden die Teile der Außenhaut elektrisch oder durch warme Triebwerkskühlluft erwärmt. Luftschrauben werden oft von der Nabe aus mit Enteisungsflüssigkeit besprüht. Für langsame Luftfahrzeuge verwendet man auch mechanische Enteisungsanlagen. Entlang den Tragflügelnasen sind Schläuche angebracht, die mit Druckluft periodisch ausgedehnt werden, so daß der Eisüberzug abspringt.

Verfahrenstechnik, die wissenschaftliche Lehre von den Gesetzmäßigkeiten der Herstellung geometrisch unbestimmter, also formloser Stoffe. Gegensatz: → Fertigungstechnik. Die V. spielt vor allem in der chemischen Industrie eine wichtige Rolle (**chemische V.**). Die wichtigsten Aufgaben der chemischen V. sind die Übertragung der im Laboratorium entwickelten Prozesse in den wirtschaftlich optimalen großtechnischen Maßstab und die Vorausberechnung der Leistungsfähigkeit sowie des Rohstoff- und Energiebedarfs der großtechnischen Prozesse und Anlagen. Die Übertragung vom Labormaßstab in die Großtechnik kann entweder durch direkte Berechnung oder bei neuen und technisch unbekannten Verfahren durch vorhergehende experimentelle Untersuchungen an Pilotanlagen erfolgen.

Man kann die chemische V. in drei Hauptgebiete gliedern: 1) Die **Reaktionstechnik** befaßt sich mit der Berechnung des Kernstückes eines chemisch-technologischen Prozesses, dem Reaktor. 2) Die **thermische V.** umfaßt alle thermischen Prozesse und Diffusionsprozesse ohne Stoffumwandlung, die in chemischen Verfahren angewandt werden. Hierzu gehören Erstarren, Kondensieren, Schmelzen, Sublimieren, Verflüssigen und Verdampfen zum Formen der Stoffe, Absorbieren, Adsorbieren, Desorbieren, Destillieren, Extrahieren, Kondensieren, Kristallisieren, Rektifizieren, Sublimieren, Trocknen und Verdampfen sowie die Thermodiffusion zum Trennen der Stoffe. 3) Zur **mechanischen V.** gehören alle Grundoperationen, die mechanische Energien ausnutzen, und zwar Brechen, Brikettieren, Granulieren, Mahlen, Tablettieren und Zerstäuben zum Formen der Stoffe, Emulgieren, Kneten, Mischen, Rühren, Suspensieren, Verschäumen und Zerstäuben zum Vereinigen der Stoffe und Dekantieren, Filtrieren, Flotieren, Klassieren, Klären, Pressen, Sieben, Sichten, Sortieren und Zentrifugieren zum Trennen der Stoffe.

Die Grundoperationen, die auf der Anwendung elektrischer Energie beruhen, z. B. Magnetscheidung, elektrische Gasreinigung, Elektrophorese, Elektroosmose und Elektrodialyse, werden nicht in die genannten drei Hauptgruppen eingegliedert, sie gehören aber ebenfalls zur chemischen V.

Lit. Bayerl u. Quarg: Taschenb. des Chemietechnologen (Leipzig 1963); Benedek u. Laszlo: Grundlagen des Chemieingenieurwesens (dtsh Leipzig 1965); Holland-Merten: Tabellenbuch der Vakuumverfahrenstechnik in der Grundstoffindustrie (Leipzig 1964); Kassatkin: Chemische V., 2 Bde (dtsh Leipzig, Bd 1 6. Aufl. 1966, Bd 2 5. Aufl. 1962); Pawlow, Romankow, Noskow: Beispiele und Übungsaufgaben zur chemischen V. (dtsh 2. Aufl. Leipzig 1963); Vauck u. Müller: Grundoperationen der chemischen V. (Dresden u. Leipzig 1962); Lehrb. der chemischen Verfahrenstechnik (Leipzig 1967); → Technologie.

Verfestigen, 1) Fertigungstechnik: das Verändern der Eigenschaften eines metallischen Werkstoffs durch Kaltumformen (→ Umformen) oder durch Kaltverformung (ungewollte Umformung) unterhalb der Rekristallisationstemperatur. Durch die Verformung des Kristallaufbaus wachsen Festigkeit und Härte, die Dehnbarkeit nimmt ab.

2) Bauwesen: das Erstarren und Erhärten (Hydratation) von Suspensionen, Emulsionen und chemischen Lösungen, die z. B. mit den vorhandenen Bodenstoffen feste Verbindungen eingehen oder nur Hohlräume ausfüllen.

Verflüssigen, das Überführen eines Stoffes in den flüssigen Aggregatzustand. Man unterscheidet dabei 1) den isothermen Übergang eines Feststoffes in den flüssigen Zustand durch Zuführung von Wärme oder Erhöhung des Druckes (→ Schmelzen) oder durch chemische Umsetzung (→ Hydrierung); 2) den Übergang eines Gases oder Dampfes in den flüssigen Zustand durch Abkühlung und → Kondensation. Das V. von Gasen wird technisch bei der → Gasverflüssigung sowie in der Kältemaschine angewendet.

Lit. → Verfahrenstechnik.

Verformung, die Formänderung eines belasteten Körpers, z. B. die Dehnung beim Zugversuch. Man unterscheidet zwischen **elastischer V.**, wenn die Beanspruchung unterhalb der Elastizitätsgrenze erfolgt, und **bleibender oder plastischer V.**, wenn höhere Beanspruchungen vorliegen. In der Praxis gilt meist die → Fließgrenze als Grenzspannung zwischen elastischer und plastischer V.

In der Fertigungstechnik versteht man unter Verformen eine ungewollte Gestaltänderung (im Gegensatz zum → Umformen) durch nicht vermeidbare Beanspruchungen, z. B. Fliehkräfte, Stützkkräfte, Eigenspannungen oder ähnliche Einwirkungen.

Vergällung, svw. → Denaturieren 1).

Vergaser, eine Vorrichtung beim Vergaser-Ottomotor (→ Verbrennungsmotor) zur Herstellung des für die Verbrennung notwendigen Kraftstoff-Luft-Gemisches, im Prinzip ein Zerstäuber. Der Kraftstoff fließt vom Tank unter Gefälle oder mittels Förderpumpe einem Schwimmergehäuse zu; die Regelung des Zuflusses und die Spiegelhaltung erfolgen durch einen Schwimmer, der mit einem konischen Zapfen, der Schwimmernadel, die Einlauföffnung vom Kraftstoffbehälter her verschließt, sobald der Kraftstoffspiegel im Schwimmergehäuse zu einer bestimmten Höhe angestiegen ist. Vom Schwimmergehäuse führt eine Kraftstoffzuleitung in die engste Stelle des Lufttrichters, der eine Querschnittsverengung der Ansaugleitung des Motors darstellt und durch die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit (50 bis 100 m/s) eine Erhöhung des Unterdruckes an dieser Stelle ergibt. Den engsten Querschnitt der Kraftstoffzuleitung bildet die Hauptdüse. Durch den Druckunterschied zwischen Lufttrichter und Schwimmergehäuse tritt im Lufttrichter Kraftstoff aus der Kraftstoffzuleitung aus, der durch die Ansaugluft zerstäubt wird und z. T. im Saugrohr verdampft und so mit der Luft das für die Verbrennung erforderliche Kraftstoff-Luft-Gemisch bildet. Dieses wird in den Zylinder des Motors angesaugt. Zwischen Lufttrichter und Motor sitzt die auf einer Welle befestigte Drosselklappe, die vom Fahrer über ein Gestänge betätigt werden kann. Hierdurch gibt die Drosselklappe einen mehr oder weniger großen Querschnitt in der Ansaugleitung frei, wodurch die dem Motor zugeführte Menge des Kraftstoff-Luft-Gemisches und damit die Leistung des Motors reguliert werden kann.

Das Gemisch ist nur innerhalb enger Grenzen des Mischungsverhältnisses Kraftstoff: Luft zündfähig. Dabei wird bei einem etwas fetten Gemisch die höchste Motorleistung, bei einem an Kraftstoff ärmeren der geringste spezifische Kraftstoffverbrauch erreicht. Dem V. fällt nun die Aufgabe zu, im gesamten Betriebsbereich des Motors, also bei den verschiedensten Drehzahlen und Belastungen, ein Kraftstoff-Luft-Gemisch mit möglichst konstantem Mischungsverhältnis zu liefern. Ein einfacher V. kann diese Bedingung

nur schwer erfüllen, da die Strömungsgesetze für Luft und Kraftstoff verschieden sind. V. weisen deshalb heute Vorrichtungen auf, die diese unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten kompensieren und außerdem andere notwendige Funktionen erfüllen (Korrekturluftdüse, Mischrohr-Leerlaufvergaser, Startvergaser, Vollaustanreicherung). Der **Leerlaufvergaser** liefert dem Motor vor dem Einsetzen des **Hauptvergasers** (bei wenig geöffneten Drosselklappe und kleiner Motordrehzahl) ein genügend aufbereitetes Kraftstoff-Luft-Gemisch entsprechender Zusammensetzung. Der **Startvergaser** ermöglicht es, dem Motor das für den Kaltstart erforderliche kraftstoffreichere Gemisch zu liefern. Er ist von Hand einschaltbar; bei manchen V.n wird er beim Kaltstart des Motors selbsttätig ein- und später wieder abgeschaltet. Durch die **Beschleunigerpumpe** wird beim schnellen Durchtreten des Gaspedals dem Motor zusätzlich Kraftstoff zugeführt und das Gemisch angereichert. Bei V.n von Flugmotoren wird durch den **Höhenregler** die verschiedene Luftdichte in unterschiedlichen Flughöhen berücksichtigt.

Nach der Richtung des Luft- und Gemischstromes unterscheidet man zwischen **Fallstrom-, Steigstrom- und Flachstromvergaser**. Bei Motorradmotoren werden meist **Schiebervergaser** verwendet, bei denen die angesaugte Luftmenge mittels eines Schiebers reguliert wird. Die Teillaststeuerung der Kraftstofflieferung erfolgt meist mittels einer sogenannten Teillastnadel, die je nach Stellung des Schiebers den Kraftstoffaustritt aus der Naddeldüse drosselt. Für Kleinstmotoren (z. B. Baumsägen) werden **schwimmerlose V.** verwendet, die unempfindlich gegen Schräglage sind.

Lit. Illgen: Vergaser-Handb. (3. Aufl. Berlin 1967); → Kraftwagen.

Vergasung, die weitgehende Überführung eines Vergasungsgases in brennbare Gase durch chemische Umsetzung mit Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Gasen als Vergasungsmittel bei hohen Temperaturen. Als Vergasungsgas dienen feste Brennstoffe, z. B. Koks und Braunkohlebriketts, sowie flüssige und gasförmige Brennstoffe, z. B. Öl, Benzin, Flüssiggas und Erdgas. Das Vergasungsmittel besteht z. B. aus Luft (Luftgas), aus Luft und Wasserdampf (Schwachs gas), aus Sauerstoff und Wasserdampf (Stadtgas, Synthesegas). Die Zusammensetzung des erzeugten Gases ist von dem Vergasungsgas, der Zusammensetzung des Vergasungsmittels und von den thermischen Zustandsgrößen Druck und Temperatur abhängig.

Nach Art des Vergasungsgasbettes sind zu unterscheiden die **V. im Festbett**, z. B. beim Drehrost- und Druckgasgenerator (→ Generator), die **V. in Suspension**, und zwar die Wirbelschichtvergasung, z. B. im Winklergenerator (Winklerverfahren), und die Staubvergasung, sowie die **V. flüssiger und gasförmiger Vergasungsgase**, und zwar die reine thermische Spaltung und die thermisch-katalytische Spaltung, z. B. das Segas-Verfahren und das Onia-Gégie-Verfahren. Nach der Art der Bereitstellung der notwendigen Wärme unterscheidet man **autotherme Verfahren**, d. h., die zum Ablauf endothermer Reaktionen benötigte Wärme wird durch gleichzeitigen Ablauf exothermer Reaktionen im Reaktor zur Verfügung gestellt, z. B. beim Drehrost- und Druckgasgenerator, **allotherme Verfahren**, d. h., die zum Ablauf endothermer Reaktionen benötigte Wärme wird von einer außerhalb des Reaktors liegenden Wärmequelle zur Verfügung gestellt, z. B. beim Wälzgasverfahren, und **zyklische Verfahren**, d. h., endotherme und exotherme Reaktionen verlaufen nacheinander im Wechsel, z. B. beim Wassergasgenerator.

Lit. Technologie der Gaserzeugung, Bd 2, hg. von J. Schmidt (Leipzig 1966).

Vergleichsglied, bei einer → Regelung dasjenige Bauglied der → Regeleinrichtung, in dem der Vergleich, d. h. die Differenzbildung zwischen → Regelgröße und → Führungsgröße vorgenommen wird. Ausgangsgröße des V.es ist die → Regelabweichung.

Praktische Ausführungen beruhen z. B. auf dem mechanischen Vergleich mittels Differentialhebels oder Waagebalkens, auf dem elektrischen Spannungsvergleich an passiven Netzwerken oder Differenzverstärkern sowie auf dem wegen freizügiger Gestaltungsmöglichkeit oft verwendeten Durchflutungsvergleich in zwei galvanisch getrennten Wicklungen.

Bei Festwertregelungen wird die zeitlich konstante Führungsgröße, der Sollwert, nur selten geändert, so daß sich geräteechnische Vereinfachungen ergeben. Bei Wegvergleich z. B. wird der Gelenkpunkt des Differentialgetriebes, bei Kraftvergleich die Vorspannung einer Feder durch Wägestücke festgelegt. Sehr häufig erfolgt die Sollwertvorgabe beim elektrischen Spannungsvergleich durch einen Spannungsabgriff an schwachbelasteten Batterien oder an Glühmströcken und Zenerdioden. Desgleichen ist der Widerstandsvergleich in Brückenschaltungen weit verbreitet.

Lit. → Regelung.

Vergolden, das Überziehen von Gegenständen mit einer Goldschicht zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit oder aus dekorativen Gründen. Das **galvanische V.** erfolgt durch Elektrolyse in Bädern, die Gold als Zyanokomplex und Kaliumcyanid enthalten, mittels einer Anode aus Gold oder Edelstahl. Das **stromlose V.** geschieht in der gleichen Lösung entweder als **chemisches V.** durch Tauchmetallisieren oder Kontaktvergolden (mit Zink als Opfermetall). Eine Variante des Tauchvergoldens ist das **Anreibe-vergolden**, bei dem auf den Gegenstand Goldverbindungen aufgetragen und verrieben werden.

Vergrößerung, in der Optik das Verhältnis des Sehwinkels, unter dem ein Gegenstand mit Hilfe eines optischen Gerätes, zu dem Sehwinkel, unter dem der Gegenstand mit dem unbewaffneten Auge erscheint.

Der Begriff V. soll nur verwendet werden, wenn das Gegenstandsbild virtuell oder der Gegenstand weit entfernt ist, also bei Lupe, Mikroskop und Fernrohr.

Vergrößerungsapparat, ein Gerät zur Herstellung vergrößerter Lichtbildkopien. Es besteht aus einer Lichtquelle (meist eine Opallampe) und einem lichtdichten Gehäuse, einem Kondensor, einer Haltevorrichtung für die Negative und einem Objektiv, dessen Entfernung vom Negativ verstellbar ist. Diese Vorrichtungen sind bei vertikaler Anordnung insgesamt an einer Stativsäule in der Höhe verstellbar befestigt. Der Fuß der Stativsäule ist ein Tisch, oft mit Vergrößerungsrahmen, in den das lichtempfindliche Papier oder eine Diapositivplatte eingelegt wird. Das Objektiv entwirft vom Negativ je nach der Höheneinstellung ein Bild in verschiedenem Maßstab auf das Kopiermaterial. Bei V.en mit automatischer Fokussierung sind Höheneinstellung und Scharfeinstellung des Objektivs gekoppelt. V.e für den Amateur verwenden oft die auswechselbaren Objektive der Kamera an Stelle eines besonderen Vergrößerungsobjektivs.

Vergrößerungsglas, svw. → Lupe.

Vergüten, 1) Fertigungstechnik: ein Verfahren der → Wärmebehandlung von metallischen Werkstoffen, besonders Stahl, zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften infolge Veränderung des Gefügestandes. Das V. besteht aus → Härten und nachfolgendem → Anlassen meist auf 400 bis 750 °C. Das **Zwischenstufenvergüten** ist ein V. durch Abkühlen von der Härtetemperatur in einem oder mehreren Warmbädern bis auf

eine für den Stahl spezifische Zwischenstufen-temperatur (\rightarrow Zwischenstufe), Halten auf dieser bis zum Beenden der Umwandlung und nachfolgendes beliebiges Abkühlen, dadurch können neben der Erreichung bestimmter Festigkeitseigenschaften auch bei komplizierten Werkstücken weitgehend Spannungen und Verziehen vermieden werden.

2) **Optik:** im weiteren Sinne alle Verfahren, die die Oberflächeneigenschaften des Materials für irgendeinen optischen Verwendungszweck günstig beeinflussen, z. B. das Anbringen von Interferenzschichten zur Erhöhung des Reflexionsvermögens, das Bedampfen mit Metallschichten zum Erhöhen der Reflexion und Absorption; im engeren Sinne die Verfahren, die zur Minderung der Reflexion an Glasflächen dienen. Dazu werden auf der Glasoberfläche durch chemische Behandlung oder Aufdampfen im Vakuum eine oder mehrere dünne Schichten erzeugt, die zwei Bedingungen erfüllen: ihre Brechzahl muß kleiner sein als die des Glases bzw. des zu vergütenden (zu entspiegelnden) durchsichtigen Mediums, und die optische Dicke der aufzubringenden Schutzschicht muß etwa $\frac{1}{4}$ Wellenlänge bei optimaler Reflexminderung betragen (*T-Belag*). Ist die Reflexionsminderung optimal für gelbes Licht durchgeführt, so fehlen im Spektrum des reflektierten Lichts die Wellenlängen des gelben Lichts infolge Interferenz der an Ober- und Unterseite der Schicht reflektierten Strahlen nahezu vollständig, und die Reflexbildchen zeigen einen violetten Schimmer. Das V. steigert besonders bei Linsensystemen, bei denen mehrere Flächen gegen Luft stehen (z. B. bei photographischen Objektiven), die Lichtdurchlässigkeit und damit die Lichtstärke bis zu 40 % (*T-Optik*).

3) **Glastechnik:** die Verbesserung der chemischen Beständigkeit von Glasoberflächen durch die Bildung eines abwaschbaren Sulfatbeschlages im Kühllofen.

Vergütungsstahl, ein unlegierter oder legierter Baustahl (\rightarrow Stahl) mit Kohlenstoffgehalten von 0,20 bis 0,65 und maximal je 0,035 % Phosphor und Schwefel (\rightarrow Edeltahl) bzw. maximal je 0,045 % Phosphor und Schwefel (Qualitätsstähle). Vergütungsstähle werden für Teile unterschiedlichster Verwendungszwecke mit hoher Festigkeit und guter Zähigkeit verwendet.

Verhältnis, der Quotient zweier gleichartiger Größen, der zum Zwecke ihres Vergleiches gebildet wurde. An Stelle des Bruchstriches schreibt man dabei im allgemeinen den Doppelpunkt: $a:b$ (gelesen a zu b). Eine Gleichung zwischen zwei Verhältnissen, z. B. $a:b = c:d$, heißt \rightarrow Proportion.

Verharzung, die Eigenschaft verschiedener organischer Stoffe, unter bestimmten Bedingungen (z. B. erhöhte Temperatur, längere Luft- und Lichteinwirkung) feste bis halbfeste, oft dunkelgefärbte („harzige“) Massen zu bilden. Die V. beruht im wesentlichen auf Polymerisations- und Polykondensationsvorgängen und führt zur Ausbildung hochmolekularer, vernetzbarer Raumstrukturen. In der Technik führt die V. oft zu unerwünschten Nebenerscheinungen, z. B. bei Schmierstoffen.

Verhieb, im \rightarrow Untertagebau die Art und Weise der Inangriffnahme des Abbaustößes durch die Gewinnung (z. B. stufenartig, in Stößen).

Verhütten, das Verarbeiten von Erzen und Rücklaufmaterial (Schrott) in einer \rightarrow Hütte.

Verkadmen, das Überziehen von Metallgegenständen (Stahl, Aluminium) mit einer Kadmiumschicht zum Schutz gegen Korrosion. Beim **Feuerverkadmen** wird der Gegenstand in schmelzflüssiges Kadmium bei etwa 380 °C eingetaucht, oder geschmolzenes Kadmium wird mit Drahtbürsten aufgetragen. Das **galvanische V.** erfolgt durch Elektrolyse, vorwiegend in alkalischen

kadmiumzyanidhaltigen Bädern. Das **Spritzverkadmen** (\rightarrow Metallspritzen) wird wegen der Giftigkeit der Kadmiumdämpfe kaum noch angewendet.

Verkämmung, \rightarrow Holzverbindungen.

Verkehrsfunk, \rightarrow beweglicher Landfunk.

Verkettung, eine Verbindung von Werkzeugmaschinen durch Werkstückfördereinrichtungen und -magazine.

Verkieselung, **Silifizierung**, die Abscheidung von Kieselsäure in Poren eines Gesteins bzw. als metasomatische Verdrängung von Bestandteilen desselben. V. tritt oft bereits während der Diagenese von Sedimentgesteinen ein. Neugebildet wird Quarz, meist in der Form des Chalzedons, seltener entsteht Opal. Durch V. wird Sand oder Sandstein in Quarzit umgebildet, in Kalken kann Feuerstein entstehen u. a. Auch Fossilien, z. B. Holz, Seigel, werden verkieselt.

Verklaung, \rightarrow Holzverbindungen.

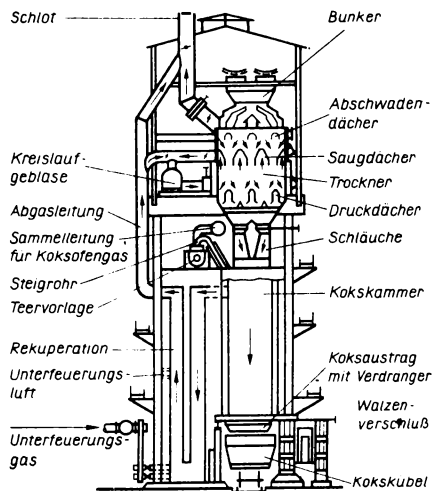
Verkokuung, das am längsten bekannte Kohleveredlungsverfahren. Als Ausgangsprodukte dienen z. B. Steinkohle, Braunkohle, Pech, ferner Ölschiefer, Torf, Holz, die unter Abschluß von Luft bei Temperaturen von etwa 1000 °C (Hochtemperaturerzeugung) oder (seltener) bei etwa 800 °C (Mitteltemperaturerzeugung) zersetzt werden (*trockene Destillation*).

1) Bei der V. von Steinkohle geht man von gut back- und erweichungsfähiger Steinkohle, insbesondere also von Fettkohle, aus. Die V. erfolgt in Kokereien und in Gasanstalten. Im Unterschied zu dem **Hütten- oder Zechenkoks**, der in den Kokereien erzeugt wird, ist der aus gasreichen Kohlen in den Gasanstalten anfallende **Gaskoks** kleinstückiger und weniger fest. Die V. geschieht in Kammeröfen von etwa 12 m Länge, 5 m Höhe und 0,45 m Breite. In Großkokereien sind bis zu 500 Öfen gruppenweise vereinigt und erzeugen bis zu 10000 t Koks täglich. Durch indirekte Beheizung werden die Öfen auf 1000 °C aufgeheizt. Nach Beendigung der V. wird der glühende **Steinkohlenkoks** aus den Ofenkammern gedrückt und in Löschtürmen mit Wasser abgelöscht oder durch kreisende Kühlgase gekühlt. Nach dem Ausdampfen wird der Koks in der Brecherei und Sieberei in Stückkoks der verschiedenen Handelskörnungen klassiert. Er ist grauschwarz bis schwarz, dicht und druckfest und besitzt einen Heizwert von über 7000 kcal kg^{-1} . Hauptsächlich wird er als Brennstoff, als Reduktionsmittel in Hochofen und zur Verhüttung von Eisenerzen und in Kalkbrennereien eingesetzt, ferner dient er als Rohstoff z. B. für die Herstellung von Kalziumkarbid, für Synthesegas und Wasserstoff.

Die aus den Ofenkammern abgesaugten Rohgase werden durch mehrstufige Kühlung aufgetrennt in Teer, Rohbenzol, Ammoniak und Starkgas (Kokereigas). Aus letzterem können Methan, Äthan, Äthen und höhere Homologe gewonnen werden, während das Restgas als Heizgas in den Zechen und Kokereien für die Aufheizung der Koksöfen und zur Erzeugung von Dampf dient. Zum Teil wird das Gas auch nach Reinigung (\rightarrow Gasaufbereitung) und Mischung mit Wassergas als Stadtgas verwendet.

2) Zur V. von Braunkohle eignet sich nur gut vorbereitete und brikettierte Braunkohle von niedrigem Asche- und Schwefelgehalt. Da im Unterschied zur Steinkohle die Braunkohle keine Backfähigkeit besitzt, kann sie nicht direkt verkocht werden, es werden vielmehr zunächst aus der zerkleinerten und getrockneten Braunkohle Feinstkornbriketts hoher Druckfestigkeit und gleichmäßiger Körnung gepreßt. Bei dem **Braunkohlenhochtemperaturverfahren** (**BHT-Verfahren**, **Bilkenroth-Rammmler-Verfahren** nach G. Bilkenroth und E. Rammmler), das in der Großkokerei Lauchhammer angewandt wird,

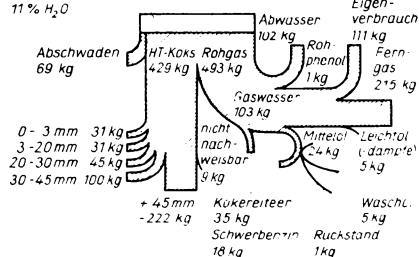
werden die Feinstkornbriketts im Trockner, dem Oberteil der Verkokungsöfen, mit heißem Spülgas auf etwa 1 % Wassergehalt getrocknet und gleiten dann in die von außen beheizten Kokskammern der Vertikalverkokungsöfen, in denen sie bei 1000 bis 1200 °C verkocht werden. Der entstehende **Braunkohlenhochtemperaturkoks (BHT-Koks)**



1 Braunkohlenhochtemperaturkoks: Schnitt durch den Vertikalverkokungssofen

wird durch Walzenverschlüsse ausgetragen, in Kühlern durch inerte Gase trocken abgekühlt, mit Wasser gebraust und je nach Verwendung in die verschiedenen Sortimente klassiert. Die Fahrweise ist halbkontinuierlich, die Aufenthaltsdauer der Briketts im Trockner und in der Kokskammer beträgt 12 Stunden. Der Abschwaden, d. h. das mit Brikettfeuchtigkeit angereicherte und durch Falschluff verdünnte Trocknermischgas, zieht durch Schlotte und bildet die für eine Braunkohlenkokerei charakteristischen weißen Fahnen. Während bei der Steinkohlenverkokung ein Schmelzen eintritt, schrumpfen bei der Herstellung von BHT-Koks die Briketts. Der BHT-Koks besitzt nicht die hohe Druckfestigkeit des Steinkohlens, ist aber reaktionsfreudiger. Er wird in Niederschachtöfen (im Gemisch mit Steinkohlens auch in Hochöfen) zur Verhüttung der Eisenerze, ferner in Bleiöfen, Schachtöfen zur Buntmetallgewinnung, in Kalkschachtöfen, Phosphoröfen, zur Herstellung von Kalziumkarbid, zur Vergasung u. a. verwendet. Aus den aus den Verkokungskammern abgesaugten gasförmigen Produkten werden durch Kondensation Teer und Mittelöl abgeschieden. Das Mittelöl wird durch Destillation in Schwerbenzin und Waschöl getrennt. Aus dem Abwasser (Gaswasser) werden Phenol und Ketone isoliert. Das

1 Tonne Braunkohlenbriketts
11 % H₂O



2 Stoffstrombild der Großkokerei Lauchhammer

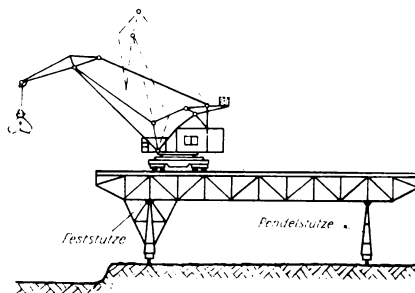
Restgas wird z. T. in der Kokerei selbst verbraucht, z. T. zu hochwertigem Stadtgas und zu Synthesegas aufgearbeitet.

3) Die V. von Pech ist sowohl als Enddestillation des Steinkohlenteers als auch als Entgasungsvorgang zu betrachten. Der **Pechkoks** ist aschearm und wird als Elektrodenmaterial verwendet.

Lit. Rammler u. v. Alberti: Braunkohlenschweling, Braunkohlenverkokung (Leipzig 1957), Technologie und Chemie der Braunkohlenverwertung (Leipzig 1962), Technologie der Gaserzeugung, Bd 1 Entgasung und V. von Stein- und Braunkohlen (Leipzig 1964).

Verkupfern, das Überziehen von Metallgegenständen mit einer Kupferschicht. Das **galvanische V.** erfolgt durch Elektrolyse in schwefelsauren Kupfersulfatbädern oder alkalischen zyanidhaltigen Kupferbädern. Anodenmaterial ist Elektrolysekupfer. Das stromlose V. erfolgt entweder als **chemisches V.** durch Tauchmetallisieren (Eisen, Zink, Aluminium) in Bädern, die Kupfersulfat und Schwefelsäure bzw. Kupfersulfat und -tartrat enthalten, oder als **Kontaktvercupfern** mit Zink bzw. Aluminium als Opfermetall in Bädern ähnlicher Zusammensetzung. Beim **Spritzvercupfern** wird geschmolzenes Kupfer mit einer Spritzpistole auf den Gegenstand aufgespritzt (→ Metallspritzen). Stahl kann durch Aufwalzen dünner Kupferfolien bei höheren Temperaturen vercupfert werden (→ Plattieren).

Verladebrücke, ein Fördermittel, eine Brücke in Stahlkonstruktion, die mit Hebezeugen und teilweise mit eingebauten Stetigförderern ausgerüstet ist. Hebezeuge sind z. B. Laufkatzen und Auslegerkrane, als Stetigförderer werden meist Gurtbandförderer verwendet. Die Brücke (Fachwerk- oder Vollwandbauweise) ist mit einer



Verladebrücke mit Wipprehkran

festen und einer beweglichen, auf Schienenfahrzeugen stehenden Stütze (Pendelstütze) versehen und parallel- oder kreisverfahrbar. Die Spannweite kann bis maximal 130 m betragen, bei Anordnung von Auslegern (starr oder hochklappbar) kann eine maximale Länge bis zu 200 m erreicht werden. Der Übergang zu den Portalkranen mit kleinerer Spannweite und den Abraufförderbrücken mit größerer Spannweite ist fließend. V.n werden zum Umschlag von Massengütern (Kohle, Erz, Kies, Holz, Walzmaterial u. a.) und auf Lagerplätzen in Häfen, Hüttenwerken, Kraftwerken und Fabrikanlagen eingesetzt.

Verlangsamter, svw. → Moderator.

Verlustwiderstand, Ersatzwiderstand bei technischen Induktivitäten, Kapazitäten, elektrischen Leitungen und Antennen, der die Umsetzung von elektrischer Leistung in Wärmeleistung charakterisiert.

Verlustwinkel, Zeichen δ , ein Maß für die von einem → Dielektrikum absorbierte Energie.

Vermengen, → Homogenisieren.

Vermessungskunde, svw. → Geodäsie.

Vermessungslatte, allgemeine Bezeichnung für eine Holz- oder Metalllatte, die zu Vermessungs-

arbeiten, jedoch nicht zur direkten Längenmessung verwendet wird. Sie ist mit einer Halbzentimeter-, Zentimeter- oder Doppelzentimeterteilung versehen. V.n sind z. B. → Distanzlatte oder Nivellierlatte (→ Höhenmessung).

Vermiculit, ein Tonmineral, Mg-Fe-Al-Schichtsilikat, grünlichbraun, Härte nach Mohs 1 bis 1,5, D. 2,4 bis 2,7 g cm⁻³; vergrößert beim Glühen das Volumen ungewöhnlich stark (18- bis 25fach). V. kommt hydrothermal und auch als Verwitterungsprodukt von Biotit und Chlorit vor; er wird als wärmedämmendes Material und schalldämmendes Material (z. B. in Flugzeugkabinen) verwendet.

Vernickeln, das Überziehen von Metallgegenständen mit einer Nickelschicht, vor allem als Korrosionsschutz. Das **galvanische V.** erfolgt durch Elektrolyse unter Verwendung von Nickelanoden sowie von Nickel(II)-salzen und Borsäure als Elektrolyt. Seit 1950 wird das **chemische V.** angewendet, bei dem das Bad neben Nickel(II)-salzen noch weitere Zusätze enthält. Als Reduktionsmittel dient Natriumhypophosphit. Beim **Spritzvernicken** werden Legierungen von Nickel in Pulverform auf die Werkstücke aufgespritzt (→ Metallspritzen).

Verpackungsmaschinen, Maschinen zum Verpacken von Produktions- und Konsumtionsmitteln. V. werden den → Verarbeitungsmaschinen zugeordnet. Sie führen die Verpackungsoptionen, d. h. das Formen, Füllen und Verschließen des Verpackungsmittels, in einem geschlossenen Arbeitsgang oder in getrennten Einzeloperationen aus. Man unterscheidet dementsprechend verschiedene Grundtypen. 1) Bei den **Form-, Füll- und Verschleißmaschinen** wird der Verpackungswerkstoff als Bobine, Zuschnitt oder flachliegendes Halbzeug zugeführt, zu einem Hohlkörper geformt und dieser gefüllt und verschlossen. V. dieser Art können nach dem Arbeitsverfahren eingeteilt werden in Maschinen für Einschlag-, Beutel-, Faltschachtel- bzw. Tiefziehpackungen.

2) Bei den **Füll- und Verschleißmaschinen** wird das Verpackungsmittel als formfester Hohlkörper (z. B. Flasche, Dose) oder als schmiegsames, flachliegendes Hüllelement (z. B. Beutel, Sack) zugeführt, gefüllt und verschlossen. Schüttgüter, flüssige und pastöse Stoffe werden vorher nach Volumen oder Masse dosiert, Stückgüter einzeln oder in Gebinden (z. B. Tabletten) zugeführt.

3) Bei den **Füllmaschinen** wird das Verpackungsmittel zugeführt, im Bedarfsfalle geöffnet und mit dem dosierten Gut gefüllt.

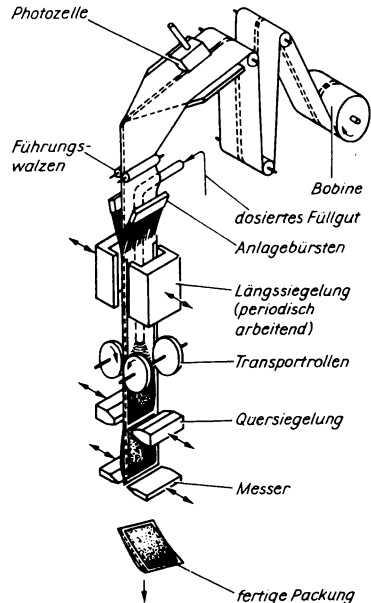
4) Bei den **Verschleißmaschinen** wird das gefüllte Verpackungsmittel zugeführt und — erforderlichenfalls nach Evakuierung oder Begasung — verschlossen. Das Verschließen formfester Verpackungsmittel erfolgt meist durch Fügen mit paarungsfähigen Verschlüsselementen, z. B. Kappen, Stopfen, Deckel, Hülsen. Schmiegsame und elastische Verpackungsmittel (z. B. Plastfolien, Karton) werden in überwiegender Maße durch Verformen oder kraft- bzw. stoffschlüssiges Verbinden (Kleben, Schweißen, Siegeln) des Verpackungswerkstoffes verschlossen.

Die beschriebenen Maschinen Grundtypen werden zur Herstellung von Handels- bzw. Versandpackungen (letztere meist als Sammelpackungen) eingesetzt und im Bedarfsfall zu Verpackungslinien zusammengeschaltet.

Für zusätzliche Arbeitsvorgänge, z. B. Sortieren der zu verpackenden Güter, Reinigen der Verpackungsmittel, gibt es **Verpackungshilfsmaschinen**, z. B. Rüttel-, Verschnür-, Perforier-, Dosier-, Sortier-, Etikettiermaschinen.

Die zur Ausführung der Verpackungsoperationen erforderlichen Arbeitsgegenstände (Verpackungshalbzeuge, Füge- und Ausstattungselemente) werden auf **Verpackungsmittelmaschinen**

hergestellt. Man unterscheidet Maschinen zur Herstellung von Verpackungsmitteln (z. B. Fässern, Tuben, Flaschen) und zur Herstellung von Verpackungshilfsmitteln (z. B. Deckeln, Kappen, Polsterelementen).



Abfüllmaschine für flüssige und pastöse Stoffe

Versalien, Sing. der Versal, die Großbuchstaben im Gegensatz zu den Gemeinen (Kleinbuchstaben): VERSALIEN.

Versatz, 1) das Wiederauffüllen leergeförderter Grubenbaue mit wertlosem Material, wie Bergen, Verarbeitungsrückständen, Schlacke, Erde, Sand, Asche, Steinsalz (im Kali- und Steinsalzbergbau) u. a. Der V. wird angewendet, um ein Zubruchgehen des Hangenden oder zumindest schädigende Auswirkungen zu verhindern und den Wetterstrom so leiten zu können, daß keine Wetterverluste entstehen. Der **Bergeversatz** hat den zusätzlichen Vorteil, daß die Schachtförderung entlastet wird und über Tage keine Halden entstehen. Beim **Kippversatz** läßt man das Versatzgut unter Ausnutzung seiner Schwerkraft in die Grubenbaue rollen, indem man es durch Rolllöcher kippt. Der **Handversatz** wird z. T. schon während der Gewinnung vorgenommen. Man errichtet Bergemauern oder Bergepfeiler oder setzt Holzpfeiler und füllt sie mit Bergen (Holzbergepfeiler). Kleinberge müssen durch Schaufelarbeit verfüllt werden. Reichen die vor Ort anfallenden Berge für einen **Vollversatz**, d. h. ein gänzlichliches Ausfüllen des Leerraumes, nicht aus, so führt man Fremdberge oder anderes Versatzgut von über Tage zu oder gewinnt zusätzliche Berge in Blind-örtern. Ist dies nicht möglich, so wendet man den **Teilversatz** an, indem man z. B. nur rippenförmige Pfeiler setzt (Rippen- oder Sparversatz). Beim **Blasversatz** wird Versatzgut maschinell mit Hilfe von Druckluft (1 bis 3,5 at) eingeblasen, beim **Schleuderversatz** maschinell eingeschleudert. Beim **Spülversatz** wird das Versatzgut meist über Tage mit Wasser oder — im Salzbergbau — mit Lauge gemischt, in Rohrleitungen bis vor Ort geführt und in die leeren Abbaue eingespült. Das Wasser bzw. die Lauge wird wieder gesammelt und nach über Tage gepumpt.

2) → Holzverbindungen.

3) → Gerberei.

Versatzstück, → Bühnentechnik.

Verschaltung, sw. → Schaltung 2).

Verschlebung, → elektrische Verschlebung.

Verschlebungsdichte, sw. → elektrische Verschlebung.

Verschlebungsfeld, die Gesamtheit aller Feldlinien. Im elektrischen Feld wirken auf Ladungen Kräfte, die bestrebt sind, diese längs der Feldlinien zu verschieben. Deshalb werden Feldlinien auch als **Verschlebungslinien** bezeichnet. Der V. hat die Dimension einer Ladung.

Verschlebungsgesetz, → Strahlungsgesetze.

Verschlebungskonstante, → Feldkonstanten.

Verschlebungssätze, → Radioaktivität.

Verschlebungstrom, der Strom, der in einem Dielektrikum durch die bei Änderung des elektrischen Feldes auftretende Verschlebung (→ elektrische Verschlebung) von elektrischen Ladungen entsteht. Der V. wird durch Differentiation des Verschlebungsfeldes nach der Zeit berechnet. Der Leitungstrom in den Zuleitungen zu den Elektroden einer Anordnung setzt sich im Nichtleiter als V. fort. Hieraus erklärt sich auch das Fließen eines Wechselstromes, wenn man an einen Kondensator eine Wechselspannung anlegt.

Verschleiß, unerwünschte Oberflächenveränderung fester Körper durch mechanisches Lösen kleiner Teilchen.

Verschleißmaschinen, → Verpackungsmaschinen.

Verschluß, → photographische Kamera.

Verschlußplan, bisher **Verschlußtafel** genannt, ein tabellarischer Übersichtsplan, in dem für ein Stellwerk alle Weichen, Gleissperren, Signale, Fahrstraßen, Blockanlagen usw. angegeben sind. Aus dem Verschlußplan ersieht man, in welcher Stellung die einzelnen Weichen usw. für eine bestimmte → Fahrstraße stehen müssen und verschlossen werden, ferner, welche Fahrstraßen nicht gleichzeitig eingestellt werden dürfen, da sich gleichzeitige Fahrten gegenseitig gefährden würden.

Lit. TGL 174-18.

Verseifung, im engeren Sinne die hydrolytische Zerlegung von Estern in Alkohole und Säuren nach der allgemeinen Gleichung $R_1COOR_2 + H_2O \rightleftharpoons R_1OH + R_2COOH$. Die V. ist die Umkehrung der Veresterung. Die Bezeichnung V. beruht auf der Spaltung von Fetten und fetten Ölen in Glycerin und Fettsäuren durch Kochen mit Alkalien, die dann mit der Fettsäure Seifen bilden. Im weiteren Sinne wird jede hydrolytische Zerlegung eines organischen Moleküls, z. B. auch die Hydrolyse von Eiweißstoffen in Aminosäuren oder von Polysacchariden in einfache Zucker, als V. bezeichnet.

Verseifungszahl, abg. VZ, die Zahl, die angibt, wieviel mg Kaliumhydroxid KOH zur Verseifung von 1 g Fett oder fettem Öl nötig sind. Da die V. um so größer ist, je höher der Gehalt der Fette und fetten Öle an niedermolekularen, flüchtigen Fettsäuren ist, ist sie ein Anhalt für deren durchschnittliches Molekulargewicht. Die V. setzt sich zusammen aus Esterzahl und Säurezahl.

Versenk, eine Gerbgrube, → Gerberei (Abschnitt Grubengerbung).

Versetzung, im Englischen *dislocation*, ein zweidimensionaler Gitterbaufehler (Linie), der in einem kristallinen aufgebauten Material auftritt und elastische Verspannungen hervorruft. Diese Baufehler werden in kristallinen Stoffen hauptsächlich durch die plastische Kaltverformung erzeugt und rufen eine Verfestigung des Werkstoffes hervor. Während z. B. in einem gegossenen Metall schon etwa 10^8 bis 10^9 V./cm² vorhanden sind, steigt die Zahl bei stark kaltverformten Metallen auf etwa 10^{12} V./cm² an. Durch Glü-

hen (→ Rekristallisation) sinkt die Anzahl der V. durch Wanderung und Auflösung auf 10^8 bis 10^9 V./cm² ab. Besonders geringe Versetzungsdichten (weniger als 10^6 /cm²) braucht man bei Germanium und Silizium für Halbleiterszwecke. Diese geringen Versetzungsdichten werden durch besondere Herstellungs- und Glühverfahren erreicht.

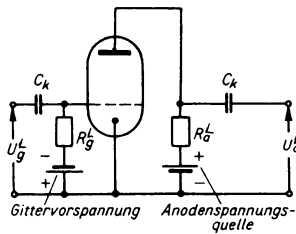
Versiegelung, die Oberflächenbehandlung von Parkett- oder Estrichfußböden mit einer fest haftenden, dünnen Kunstharzschicht. Sie ergibt eine staubfreie Oberfläche und verringert den Abnutzungsverschleiß.

Versilbern, das Überziehen von Gegenständen aus Metall oder Nichtmetall (Glas, Porzellan) mit einer Silberschicht aus dekorativen Gründen, als Korrosionsschutz und zur Herstellung von Spiegeln. Das **galvanische V.** erfolgt durch Elektrolyse mit Kaliumzyanoargentat und Kaliumzyanid als Elektrolyt und Silber als Anode. Das **stromlose V.** erfolgt entweder als chemisches V. durch Behandlung mit einer ein Reduktionsmittel enthaltenden Silbersalzlösung, als Tauchmetallisieren oder als Kontaktversilbern mit Zink oder Aluminium als Opfermetall. Auch das → Plattieren wird zum V. angewendet.

Versorgungsbombe, → Bombe.

Verstärker, ein Gerät zur Erhöhung kleiner und kleinster elektrischer Spannungen, Ströme und Leistungen unter Benutzung von Elektronenröhren (→ Verstärkerröhren) oder Transistoren. Man unterscheidet Gleichstrom-, Niederfrequenz- und Hochfrequenz-V., nach dem Umfang des Frequenzbereiches, in dem ein V. gleichmäßig verstärkt, Schmalband- und Breitbandverstärker. **Schmalbandverstärker** verstärken nur eine Frequenz oder ein schmales Frequenzband. Bei ihnen verwendet man Schwingkreise (**Resonanzverstärker**) oder aus Widerständen R und Kondensatoren C zusammengesetzte Netzwerke (selektive R-C-Verstärker) zur Aussiebung der betreffenden Frequenz. **Breitbandverstärker** verstärken ein breites Frequenzband (etwa alle Tonfrequenzen). Als Arbeitswiderstände werden bei ihnen stark gedämpfte Schwingkreise oder Ohmsche Widerstände benutzt (**Widerstandsverstärker**). Den Schwierigkeiten der Gleichstromverstärkung kann man begegnen, indem man den Gleichstrom durch Zerhacken in Wechselstrom umwandelt, der leichter verstärkt werden kann.

Je nach Verwendung der aktiven Bauelemente unterscheidet man zwischen Transistor- und Röhrenverstärker. Abb. 1 zeigt das Prinzipschaltbild eines mit einer Elektronenröhre aufgebauten Verstärkers (**Röhrenverstärker**): R_a^c ist der Außenwiderstand, der auch aus einem Schwingkreis oder einer Drossel bestehen kann. Über den Gitterableitwiderstand R_g^c wird die Gittergleichspannung U_g^c zur Einstellung des Arbeitspunktes zugeführt. Der Verstärkungsgrad V^c , das Verhältnis der Anoden- zur Gitterwechselspannung, hängt von den Röhrenkennwerten (Steilheit S, Durchgriff D und innerer Widerstand R_i , → Elektronenröhre) ab und beträgt



1 Röhrenverstärker

Verstärker- maschine

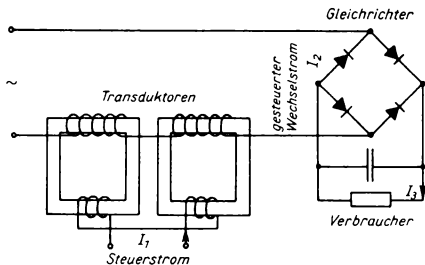
$$V' = \frac{U_a'}{U_g'} = S \cdot \frac{R_i R_a'}{R_i + R_a'} = \frac{1}{D} \cdot \frac{R_a'}{R_i + R_a'}$$

woraus hervorgeht, daß die Verstärkung V' bei komplexem Außenwiderstand R_a' eine komplexe Größe sein kann. Die größtmögliche Spannungsverstärkung $V = \frac{1}{D}$ wird erreicht, wenn R_a' sehr

groß gegenüber R_i ist. Da bei Trioden $D \geq 1\%$ ist, kommt man höchstens zu einer 100fachen Spannungsverstärkung. Bei Pentoden ist D viel kleiner, wodurch sich Verstärkungsgrade bis zu 500 erreichen lassen. Dazu sind allerdings Außenwiderstände von einigen M Ω (Megaohm) notwendig, da R_i bei Pentoden sehr hoch ist.

Die maximale Leistung ohne Rücksicht auf Verzerrungen kann man den V.n bei Anpassung ($R_i = R_a'$) entnehmen, damit hat jedoch die Spannungsverstärkung nicht ihren Höchstwert. Der Innenwiderstand muß gleich dem konjugiert komplexen Wert des Außenwiderstandes R_a' sein, d. h., die Blindwiderstände müssen sich aufheben. Der Frequenzgang eines Verstärkers wird durch die Größe der Koppellemente (C_k) und Außenwiderstände sowie (bei hohen Frequenzen) durch die Röhrenkapazitäten bedingt. Dem Verstärkungsgrad ist durch die in der Röhre und den Schaltelementen auftretenden statistischen Schwankungen (\rightarrow Rauschen) eine obere Grenze gesetzt (wenn die zu verstärkenden Signale kleiner sind als diese Störspannungen).

Magnetverstärker nutzen die Sättigungsmagnetisierung von Eisen zur Verstärkung von niederfrequenten Wechselströmen und von Gleichströmen (Abb. 2). Die Verstärkung geschieht in zwei Transduktoren, d. s. Drosseln mit Eisenkern (Bandringkern), deren Magnetisierungskennlinie einen ausgesprochenen Knick an der Sättigungsgrenze zeigt. Auf den Eisenkern sind zwei Wicklungen aufgebracht, eine Arbeits- und eine Steuerwicklung. Über die Arbeitswicklung wird eine Wechselspannung an den Verbraucher geleitet. Mit einem durch die Steuerwicklung geschickten Gleichstrom wird der Arbeitspunkt der Magnetisierungskennlinie in den Sättigungsbereich gelegt. Dann ist die Induktivität der Wicklung sehr klein, wodurch in diesem Falle eine maximale Verstärkung der Steuerspannung bzw. des Steuerstromes erreicht wird. Mit Hilfe geringer Änderungen des Steuerstromes wird die Induktivität der Transduktoren und damit die Verstärkung reguliert. Durch Gleichrichtung kann die Arbeitswechselspannung in eine Gleichspannung umgeformt werden. Die durch die Transformatorwirkung in der Steuerwicklung von Transduktoren induzierte Wechselspannung unterdrückt man unter anderem dadurch, daß man zwei Transduktoren anwendet und deren Steuerwicklungen gegeneinanderschaltet. Der magnetische V. ist widerstandsfähig sowie unempfindlich gegen Überlastung und wird in zunehmendem Maße, vor allem zur Verstärkung von Gleichströmen geringer Stärke, dem Röhrenverstärker vorgezogen.



2 Magnetverstärker

Lit. Bartels: Grundlagen der Verstärkertechnik (Stuttgart 1954); Diefenbach: Verstärkerpraxis (Berlin 1954); Wagner: Elektronische V. für industrielle Regelungs- und Steuerungsanlagen (3. Aufl. Berlin 1961); Barkhausen: Lehrb. der Elektronenröhren und ihrer technischen Anwendungen, Bd II: V. (9. Aufl. Leipzig 1964).

Verstärkermaschine, ein Sonderfall einer Gleichstrommaschine (\rightarrow elektrische Maschine). Die V. ist ein Gleichstromgenerator, der in Hinsicht auf ein großes Verhältnis der abzugebenden elektrischen Leistung zur Leistungsaufnahme der Erregerwicklung (Steuerwicklung) ausgelegt ist (600 bis 10000 gegenüber 25 bis 100 bei der normalen Gleichstrommaschine). Die V. dient im allgemeinen als Erregermaschine für einen Synchron- bzw. Gleichstromgenerator oder einen Gleichstrommotor. Im ersten Fall stellt sie ein Glied des Regelkreises der Spannungsregelung, im zweiten Fall ein Glied des Regelkreises der Drehzahlregelung dar. Bei der **Querfeld-Verstärkermaschine** (Amplidyne, Abb.) erfolgt die Verstärkung in zwei Stufen. Das Magnetfeld der Erregerwicklung (Steuerwicklung) induziert im Kreise eines ersten, kurzgeschlossenen Bürstenpaares eine Spannung. Der Strom, den diese Spannung antreibt, baut das Querfeld auf, das seinerseits im Kreis des zweiten Bürstenpaares, an das der Verbraucher angeschlossen ist, eine Spannung induziert.

Das in den USA gebaute **Rototrol** stellt einen Gleichstrom-Nebenschluß- oder Gleichstrom-Reihenschluß-Generator dar, der so ausgelegt ist, daß er sich knapp unter der Selbsterregungsgrenze befindet. Die vorhandene zusätzliche Steuerwicklung benötigt dann sehr kleine Leistungen, um die Maschine zu erregen.

Eine Sonderform einer V. ist die \rightarrow Autodyne. **Verstärkerröhre**, eine Elektronenröhre, die zur Verstärkung elektrischer Signale dient. So werden z. B. die **NF-Verstärkerröhre** in Niederfrequenzverstärkern zur Verstärkung und zur Erzeugung der Lautsprecherleistung, die **HF-Verstärkerröhre** in Eingangs- und Zwischenfrequenzverstärkern zur Verstärkung empfangener Hochfrequenz-Signale eingesetzt. Grundsätzlich können alle Elektronenröhren mit einem und mehr Gittern zur Verstärkung dienen, jedoch werden für bestimmte Verstärkerzwecke jeweils besonders geeignete Typen eingesetzt.

Verteiler, 1) **Zündverteiler**, bei Ottomotoren mit mehreren Zylindern ein umlaufender Kontaktfinger, der die Zündspannung auf die Zündkerzen der Zylinder in regelmäßiger Folge (Zündfolge) verteilt.

2) \rightarrow Energieversorgungsbetrieb.

Vertikalintensität, \rightarrow Erdmagnetismus.

Vertikalkreis, 1) ein durch Zenit und Nadir gehender Großkreis, \rightarrow astronomisches Koordinatensystem.

2) \rightarrow Theodolit.

Vertikalortung, ein Verfahren der \rightarrow Ultraschallortung.

Vertoskop, in der Photographie ein Gerät zur Umkehr der Helligkeitswerte von Schwarz-Weiß-Negativen. Seine Wirkungsweise beruht auf einem physikalischen Tilgungseffekt. Bringt man das Negativ in den Strahlengang einer Infrarotstrahlungsquelle, so wird durch eine Optik auf einen mit ultraviolett Licht zur Phosphoreszenz angeregten Schirm ein infrarotes Bild projiziert. Die von den infraroten Strahlen getroffenen Stellen des Leuchtschirmes erfahren eine Schwächung oder Tilgung der Phosphoreszenz. Das Bild erscheint somit auf dem Leuchtschirm als Positiv. Das V. wird vor allem in Photolaboratorien verwendet.

Vervielfacher, \rightarrow Sekundäremissionsvervielfacher.

Vervielfältigen, in der Bürotechnik Verfahren zum schnellen Herstellen vieler Abzüge von einem

Original (Text oder Zeichnung). Man bedient sich dabei spezieller Büromaschinen (**Vervielfältiger**). 1) **Hektographie** (bis zu 300 Abzüge). Die Druckvorlage wird von Hand mit Hektographentinte oder durch Schreibmaschine mit Hektographenband auf ein Papier übertragen und dieses auf eine mit Leim, Gelatine oder Ton überzogene Platte (Kolloidplatte) gedrückt. Mit Walze oder Presse wird das zu bedruckende, mit alkoholischer Flüssigkeit angefeuchtete Papier Blatt für Blatt leicht gegen diese Platte gedrückt und so das Original vervielfältigt, das gleichzeitig Druckträger und Farbgeber ist.

2) **Umdruckverfahren** (bis zu 100 Abzüge). Die Vorlage wird auf den Druckträger (Original), der meist aus einem Blatt Kunstdruckpapier besteht, übertragen. Ein Hektografblatt wird dazu mit der beschichteten Seite nach oben untergelegt, so daß die Vorlage auf der Rückseite des Originals spiegelbildlich erscheint. Die Übertragung kann auch durch die Schreibmaschine mit einem hinter dem Papier laufenden Hektographenfarbband oder untergelegtem -farbblatt erfolgen. Der Druck wird in hand- oder motorgetriebenen Geräten vorgenommen, in die das Original auf eine Walze gespannt wird; diese überträgt den Text oder die Zeichnung auf das mit alkoholischer, die Druckfarbe lösender Flüssigkeit angefeuchtete Papier. **Zeilenumdruckmaschinen** ermöglichen z. B. für die Produktionsvorbereitung in der Industrie das zeilenweise Übertragen des Originals auf Belege, Verbundlochkarten u. a.

3) **Schablonenverfahren** (bis zu 5000 Abzüge). Die Dauerschablone ist ein feines Seidenpapier, das mit einer farbunddurchlässigen Emulsion (früher Wachs, daher Wachsmatrizenverfahren genannt) getränkt ist. Es wird von Hand oder mit der Schreibmaschine ohne Farbband beschrieben. Dadurch wird an den Anschlagstellen die farbunddurchlässige Schicht entfernt, so daß an diesen Stellen die Farbe, die man mit einer Walze auf die Schablone drückt, durch das Seidenpapier auf das untergelegte Papierblatt hindurchtreten kann und dieses bedruckt.

4) **Metallblattverfahren** (bis zu 50 000 und mehr Abzüge). Ein mit feinen Rasterpunkten versehenes, dünnes Metallblatt wird mit der Schreibmaschine beschrieben. Dabei drücken sich die Typen nach hinten durch und stehen hochgeprägt auf dem Metallblatt, so daß eine Art Hochdruckform entsteht, von der wie im Buchdruck gedruckt werden kann.

5) Ebenfalls sehr hohe Auflagen lassen sich im **Offsetverfahren** erreichen. Als Druckform dient ein dünnes Aluminiumblatt, das auf Papier kaschiert ist und auf das die Vorlage durch Beschriften in der Schreibmaschine mittels eines Fettfarbbandes, von Hand mit einer fetthaltigen Tusche oder auf photomechanischem Wege durch Kopieren übertragen wird. Die Arbeitsweise dieser Vervielfältiger entspricht dem Offsetdruck.

6) Das **Metallplattenverfahren** arbeitet mit auf Prägemaschinen hergestellten oder geätzten und dann rund gebogenen Metallplatten im Hochdruckverfahren.

7) Beim **photochemischen Verfahren**, einem Schablonenverfahren, wird eine Photoschablone verwendet, die durch ein transparentes Positiv (Zwischenoriginal) hindurch wie Photopapier belichtet und entwickelt wird und danach an den belichteten Stellen farbunddurchlässig ist. Es können bis zu 20 000 Kopien hergestellt werden.

Weiterhin sind Vervielfältigungen durch → Lichtpause oder photographische Apparate (→ Mikrokopie, → Kopieren) möglich (→ Xerographie, → Thermokopierverfahren).

Lit. Föllmer u. Bartsch: Kopier- und Vervielfältigungsverfahren in der Information und Dokumentation (Leipzig 1966).

Verwerfung, Bruch, Sprung; Störung und Dislokation im engeren Sinne, eine Störung des Gesteinsverbandes innerhalb der Erdkruste, wobei zwei Schollen (Flügel) längs einer Bewegungsfläche, die **Verwerfungsfläche**, **Bruchfläche** oder **Verwerfungsspalte** heißt, relativ gegeneinander verschoben wurden. V.en mit horizontaler Verschiebung längs einer steil einfallenden Zerreißungskluft bezeichnet man als **Horizontal- oder Transversalverschiebungen** (Abb. 1). Bei V.en mit vertikaler Verschiebung kann eine Scholle gehoben oder gesenkt worden sein, oder beide Schollen waren in Bewegung. In der **Verwerfungslinie** (**Bruchlinie**) schneidet die Verwerfungsfläche die Erdoberfläche, wo infolge der V. eine **Bruchstufe** entstehen kann. Meist ist die Bruchstufe eingeebnet, so daß V.en nur an dem Nebeneinander ungleichartiger Gesteine erkennbar sind. Den Betrag der vertikalen Verschiebung an einer Verwerfungsfläche nennt man **Sprunghöhe**.

Die Ausmaße der V.en sind sehr unterschiedlich. Es treten Sprunghöhen von einigen Zentimetern bis zu mehr als 1000 m auf. Die Länge der V.en kann mehrere Kilometer betragen.

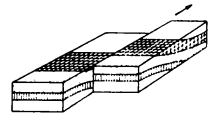
V.en, die zur abgesenkten Scholle einfallen und Raumerweiterung bewirken, heißen **Abschiebungen** (Abb. 2a). V.en, die zur gehobenen Scholle steil mit mehr als 45° (invers) einfallen und Raumerengung bewirken, heißen **Aufschiebungen** (Abb. 2b). Flachfallende inverse V.en heißen → Überschiebungen. An V.en herausgehobene Schollen werden → Horste genannt, an V.en eingesenkte Schollen → Gräben. Der Bereich weiträumiger V.en wird als **Bruchzone** bezeichnet.

Die Feststellung von V.en ist von großer Bedeutung für den Bergbau, da an ihnen die nutzbaren Lagerstätten oft abgeschnitten werden und die Fortsetzung der Lagerstätte nur durch Bestimmung des Bewegungssinnes der V. und der Sprunghöhe zu finden ist. Andererseits sind zahlreiche gangförmige Lagerstätten in V.en entstanden. Auch für die Hydrogeologie haben die V.en Bedeutung, da sie das Wasser stauen und zur Bildung von **Verwerfungsquellen** führen.

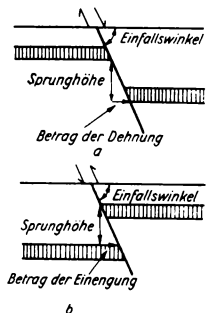
Verwindeversuch, ein technisches Verfahren der Werkstoffprüfung. Der V. dient 1) zum Feststellen von inneren Fehlern (Lunkern, Einschlüssen) in Grobblechen. Quer zur Walzrichtung entnommene quadratische Proben werden 2- bis 3mal um 360° verdreht und wieder zurückgedreht. Dabei dürfen keine Risse auftreten; 2) zur Bestimmung der Gleichmäßigkeit von Drähten bis 7 mm Durchmesser. Die Probe hat im Normalfall eine Länge gleich dem 100fachen Durchmesser. Sie wird so lange verdreht, bis der Draht reißt. Die Zahl der ganzen Umdrehungen bis zum Bruch ist ein Maß für die Qualität. Für verschiedene Verwendungszwecke sind Mindestverwindenzahlen vorgeschrieben.

Verwindung, svw. → Verdrehung.

Verwitterung, die an oder nahe der Erdoberfläche unter Einwirkung exogener Kräfte (z. B. Sonneneinstrahlung, Frost, Wasser, Gase der Atmosphäre, Organismen) vor sich gehende Zerstörung der Minerale und Gesteine. Je nach dem vorherrschenden Vorgang unterscheidet man folgende Arten der V.: 1) Bei der **mechanischen V.** (**physikalische V.**) werden Gesteine durch mechanische Vorgänge in ihre Bestandteile zerlegt, ohne daß es zu wesentlichen chemischen Veränderungen kommt. Sie beruht a) auf der Sonneneinstrahlung im Wechsel mit starker Abkühlung (**Insolationsverwitterung**), besonders in Wüsten und Eisrandgebieten (periglaziale Gebiete) wirksam; b) auf dem Gefrieren von Wasser in Poren, Schichtfugen und Klüften (**Frostverwitterung**), wobei es zur Volumenzunahme und Sprengwirkung kommt, besonders in gemäßigten und kalten Gebieten sowie im Hochgebirge; c) auf der



1 Blockdiagramm einer Horizontalverschiebung



2 Verwerfung: a Abschiebung, b Aufschiebung

Sprengwirkung, die aus Lösungen auskristallisierende Salze durch Volumenzunahme an der Oberfläche von Gesteinen ausüben, besonders häufig in ariden Gebieten. 2) Die **chemische V.** beruht im wesentlichen auf dem Lösungsvermögen des Wassers, das durch Aufnahme von Kohlendioxid (\rightarrow Karsterscheinungen), Schwefeldioxid, Humus und Salzlösungen gesteigert wird. Bei der in Industriegebieten wichtigen **Rauchgasverwitterung** wirkt das im Wasser enthaltene Kohlendioxid in Verbindung mit schwefliger Säure lösend. Als **Oxydationsverwitterung** bezeichnet man die Einwirkung des im Wasser enthaltenen Luftsauerstoffs auf die obersten Bodenschichten (\rightarrow Oxydationszone). Die **hydrolytische V.** beruht auf der Aufspaltung der silikatischen Mineralkomponenten, besonders des Feldspats, in den sauren und basischen Anteil.

Mechanische und chemische V.en werden durch Organismen eingeleitet und beschleunigt (**biologische V.**), die mechanisch oder chemisch wirksam sein können.

Von wesentlichem Einfluß auf die Art der V. ist das Klima. In ariden und nivalen Gebieten herrscht die mechanische V. vor. Der Verwitterungsschutt häuft sich hier zu Schutthalde u. dgl. an. Chemische V. gibt es nur in Gebieten mit Niederschlägen. Das verwitterte Gestein wird hier, teilweise in gelöster Form, vom Wasser weggeführt.

Das Ergebnis der V. sind Lockermassen, aus denen sich unter Mitwirkung von Organismen Boden bildet. Dadurch werden die anorganischen Nährstoffe für die Pflanzen in eine für diese aufnehmbare Form überführt. Am wichtigsten für die Entstehung pflanzentragenden Bodens ist die V. der Feldspäte. Die V. bereitet außerdem die Abtragung vor und ist damit Vorbedingung für die Entstehung der Sedimentgesteine. Zusammen mit der Abtragung erzeugt die V. die mannigfachen Formen der Erdoberfläche.

Verzapfung, \rightarrow Holzverbindungen.

Verzeichnung, ein \rightarrow Abbildungsfehler.

Verzerrung, 1) Optik: V. eines Bildes, verschiedenartige Längenveränderungen gegenüber dem idealen Bild. Die V. entsteht bei der Abbildung durch Spiegel oder durch Linsen, wenn der Abbildungsmaßstab nicht für alle Flächenelemente des Objektes der gleiche ist, sondern von der Lage der Flächenelemente abhängt. Innerhalb gewisser Grenzen hat man bei Hohlspiegeln und Linsen für alle Flächenelemente den gleichen Abbildungsmaßstab. Bei Linsen bzw. Hohlspiegeln mit sphärisch gekrümmten Flächen, die zusätzlich einen zylindrischen Schliß besitzen, erhält man jedoch ein verzerrtes Bild (\rightarrow Spiegel, \rightarrow Anamorphot). Ist die V. regelmäßig, d. h. der Abbildungsmaßstab rotationssymmetrisch um die optische Achse, so spricht man von Verzeichnung (tonnen- oder kissenförmige Verzeichnung bei Vorhandensein einer Blende, \rightarrow Abbildungsfehler).

2) Nachrichtentechnik: die Abweichung der Wiedergabe vom Original, z. B. bei der Bild- oder Tonübertragung. Man unterscheidet zwischen linearer und nichtlinearer V. **Lineare V.en** sind Änderungen des Frequenzgangs, der Dämpfung, der Phase und der Laufzeit. Sie können durch \rightarrow Entzerrung wieder ausgeglichen werden. **Nicht-lineare V.en** bedingen das Vorhandensein von nichtlinearen Gliedern, z. B. Röhren oder Transistoren, in der Schaltung. Hierbei entstehen neue Frequenzen, die z. B. bei der Wiedergabe von Sprache oder Musik als störend empfunden werden.

3) Kartographie: \rightarrow Kartennetzentwürfe. **Verzinken**, das Überziehen von Metallgegenständen, besonders von Eisen, mit einer Zinkschicht als Korrosionsschutz. Zink bietet einen wirksamen Schutz gegen Rosten. Beim **Feuerverzinken** wird der Gegenstand in geschmolzenes

Zink eingetaucht. Beim **Spritzverzinken** wird geschmolzenes Zink mittels Spritzpistole auf den Gegenstand aufgespritzt (\rightarrow Metallspritzen). Das **galvanische V.** erfolgt durch Elektrolyse in sauren oder alkalischen, zyanidhaltigen Bädern. Die Anode besteht aus Elektrolysezink. Beim **Dampfverzinken** läßt man Zinkdämpfe auf das Metall einwirken. So erhält man z. B. schwefel feste Apparaturen durch Entwicklung einer Diffusionsschicht aus Zink-Eisen-Mischkristallen. Auch kann Zink als Überzugsmetall in das Grundmetall mechanisch eingeschlagen werden (**Mitral-Verfahren**).

Verzinnen, das Überziehen von Metallgegenständen mit einer Zinnschicht als Korrosionsschutz (vor allem für Gegenstände, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen), für elektrotechnische Zwecke und zur Verminderung der Reibung der Kolben von Verbrennungskraftmaschinen. Beim **Feuerverzinnen** wird der Gegenstand in geschmolzenes Zinn eingetaucht, vor allem bei der Herstellung von Weißblech. Beim **Streuerzinnen** werden Zinnpulver oder -körner auf die über die Schmelztemperatur des Zinns erhitzte Oberfläche des Gegenstandes gestreut und mit einer Drahtbürste verrieben. Das **galvanische V.** erfolgt durch Elektrolyse in alkalischen oder sauren Bädern. Das **stromlose V.** erfolgt sowohl nach dem Tauchverfahren als auch nach dem Kontaktverfahren mit Zinn als Opfermetall. Beim **Spritzverzinnen** wird geschmolzenes Zinn mit einer Spritzpistole auf den Gegenstand aufgespritzt (\rightarrow Metallspritzen).

Verzögerer, svw. \rightarrow Inhibitoren.

Verzögerung, \rightarrow Beschleunigung.

Verzug, **Verziehen**, in der Spinnerei das Verfeinern von Fasermassen auf der Schlagmaschine und der Krempel und von Faserbändern und Vorgarnen im Streckwerk.

Verzweigungsregeln, \rightarrow Kirchhoffsche Verzweigungsregeln.

VHF, Abk. für Very High Frequency, \rightarrow Frequenz.

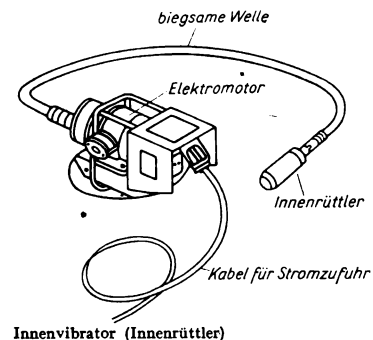
Viadukt, eine über ein breites Tal führende \rightarrow Brücke im Zuge eines Verkehrsweges.

Vibration, svw. \rightarrow Schwingung.

Vibrationshacke, \rightarrow Hackgeräte.

Vibrationsmaschinen, Maschinen, die die Vibration (Rütteltechnik) zur Durchführung von Arbeiten anwenden, insbesondere Bau- und Aufbereitungsmaschinen, auch Fördermittel u. a. Maschinen. Die Schwingungen werden von einem \rightarrow Vibrator durch Unwuchten erzeugt.

1) **Vibrationsverdichtungsmaschinen** werden zur Verdichtung von Erd- und Baustoffmassen eingesetzt. Sie können verschieden ausgeführt sein. **Außenvibratoren** werden z. B. als Schalungsrüttler bei Stahlbetonbauten und an Formen für Betonfertigteile eingesetzt. Sie entsprechen meist Elektromotoren mit Unwuchten, die auf der Motorwelle angebracht sind. **Innenvibratoren** werden in den zu verdichtenden Beton ein-



getaucht, z. B. beim Bau von Stauauern, Fundamenten, meist zwischen Bewehrung von Stahl- oder Spannbeton. Der Antrieb der im eingetauchten Stück sitzenden Unwuchten geschieht über eine biegsame Welle, seltener über einen im Innenvibrator selbst befindlichen Druckluftmotor. Der gehaltene Schlauch leitet die Druckluft weiter. **Vibrationstische** (Rüttel- oder Vibriertische) werden in Betonwerken zum Verdichten von Beton-teilen in Formen angewendet, in Gießereien zum Verdichten des Formsandes (Maschinenformerei). Vibrationstische bestehen aus einer Tischplatte, die auf Federn gelagert ist und von Vibratoren, z. B. serienmäßig hergestellten Außenvibratoren, in Schwingung versetzt wird. **Vibrationsplatten** und **Vibrationsbohlen** werden zur Verdichtung von Boden und Beton im Erd-, Straßen- und Hochbau eingesetzt. Sie bestehen wie die ähnlich gebauten größeren **Bodenschwingverdichter** aus einer Grundplatte mit fest angeschraubtem Vibrator. Dieser wird über bewegliche Maschinenelemente (meist Keilriemen) von einem Motor angetrieben, der schwingungs isoliert auf der Oberplatte befestigt ist. Vereinzelt werden mehrere Vibrationsplatten zu einer Maschinengruppe gekoppelt.

2) Weitere V. sind z. B. Vibrationswalzen (→ Walze), Vibrationsrammen (→ Ramme), → Schwingförderer, Schwingsiebe (→ Klassieren), Bunkervibratoren (zum besseren Ausfließen brückenbildenden Materials aus Bunkern).

Vibrator, **Rüttler**, eine Maschine zum Erzeugen von Schwingungen, Bestandteil von → Vibrationsmaschinen. Die Schwingungen werden durch umlaufende, außerhalb der Drehachse befindliche Massen (Unwuchten) erzeugt, die Fliehkräfte bis etwa 30 Mp (Megapond) mit einem sinusförmigen Zeitverlauf und einer Frequenz von 10 bis 300 Hz (Hertz) hervorrufen. Diese Schwingungen verringern Oberflächenspannungen und innere Reibung der Teilchen, so daß sie sich dichter lagern. (Anwendung bei den Vibrationsverdichtungs-maschinen) oder einzutreibenden Pfählen oder Rammen Platz machen. Den V.en werden immer neue Anwendungsgebiete erschlossen. Der Antrieb der Unwuchtwellen kann elektrisch, pneumatisch oder durch Hydro- oder Verbrennungsmotoren (direkt oder über Rädergetriebe) erfolgen. V.en mit zwei gekuppelten, gegenläufig mit gleicher Drehzahl umlaufenden Massen lassen die Massenkraft nur in einer Richtung wirksam werden (gerichtete Schwingungen). Es gibt auch elektromagnetische V.en, die durch Wechselstrom oder pulsierenden Gleichstrom betrieben werden; zwei in Federn gelagerte Massen schwingen dabei gegeneinander im Takt der Erregerfrequenz.

Vibrograph, ein Instrument zum Messen und Aufzeichnen von Schwingungen und Erschütterungen an Maschinen, Schiffen, Brücken und Häusern. Der V. besteht aus einer schweren Masse, die im Innern des V.en federnd so aufgehängt ist, daß sie infolge ihrer Trägheit bei Erschütterungen relativ zu dem erschütterten Objekt in Ruhe bleibt. Die Relativbewegungen zwischen dem erschütterten Objekt und damit auch der federnden Aufhängung einerseits und der Masse andererseits werden auf einem ablaufenden Papierstreifen aufgezeichnet (**Vibrogramm**).

vic., Abk. für vicinal, → vizinal.

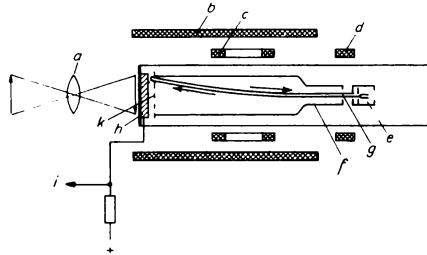
Vickershärte, abg. HV, die Härte eines metallischen Werkstoffs, ermittelt aus dem Verhältnis der Prüfkraft zur Oberfläche des Eindrucks einer vierseitigen Diamantpyramide mit einem Flächenöffnungswinkel von 136° (TGL 9556). Die Prüfkraft beträgt 5 bis 100 kp, im Normalfall 30 kp. Prüfkraft unter 1 kp wendet man bei der Mikrohärtmessung an. Bis 3000 HV besteht Übereinstimmung mit der → Brinellhärte. Die Messung der Vickershärte ist allgemein möglich, besonders geeignet ist das Verfahren für die

Härtemessung an sehr kleinen Proben und an dünnen Schichten.

Video..., Fernsehtechnik: in zusammengesetzten Wörtern, z. B. Videoverstärker, Videogleichrichter, Videofrequenz, Videomagnetband, svw. Bildsignal.

Videosignal, → Fernsehen.

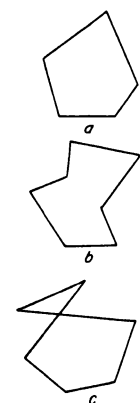
Vidikon (Tafel 48), **Endikon**, **Resistron**, **Staticon**, eine → Bildaufnahmeröhre mit photoelektronischer Speicherplatte. Auf der ebenen Frontscheibe des evakuierten zylindrischen Glaskolbens ist eine dünne lichtdurchlässige Schicht aus Zinnoxid, die Signalplatte, niedergeschlagen. Darauf ist eine Photohalbleiterschicht (meist Antimontrisulfid) als Speicherplatte aufgedampft. Die Speicherplatte wird mit einem Elektronenstrahl zeilenweise abgetastet, der zwischen Netz und Speicherplatte auf eine sehr niedrige Spannung abgebremst wird.



Vidikon. a Optik, b Fokussierspule, c Ablenkspulen, d Justierspulen, e Elektronenstrahl, f Anode, g Abtastelektroden, h Signalplatte mit Photohalbleiterschicht, i Bildsignal (zum Vorverstärker), k Netz

Funktion: Die Photohalbleiterschicht stellt für jeden Bildpunkt einen belichtungsabhängigen Photowiderstand R_p mit einem parallelgeschalteten Speicherkondensator C_p dar. Der Elektronenstrahl lädt zunächst alle Speicherkondensatoren, die einseitig über die Signalplatte an der Plattenvorspannung liegen, nacheinander auf Katodenpotential auf. Je nach der Bildpunktlichkeit entladen sich die Speicherkondensatoren über die Photowiderstände. Die bei der erneuten Aufladung bei Wiederkehr des Elektronenstrahls fließenden Verschiebungsströme in den Speicherkondensatoren werden als Bildsignal an dem Arbeitswiderstand abgegriffen und dem Vorverstärker zugeführt. Zur Fokussierung des Abtastelektrodenstrahls dient ein langes Magnetfeld der Fokussierspule, mit den Ausrichtspulen wird der Strahl genau auf die geometrische Röhrenachse ausgerichtet, für die Ablenkung werden zwei transversale Magnetfelder verwendet. Die Photohalbleiterschicht ändert ihre elektrische Leitfähigkeit nur bei hohen Beleuchtungsstärken träge mit der Belichtung, bei kleinen Beleuchtungsstärken ist ein Nachziehen vorhanden. Dieser Effekt verhindert den Einsatz des V.s in Fernsehkameras. Das V. wird daher beim Fernsehgrundfunk nur zur Abtastung von Kino-filmen (hohe Beleuchtungsstärke) und beim industriellen Fernsehen eingesetzt. Weiterentwicklungen des V.s sind das → Infrarot-Vidikon und das → Plumbikon. Außerdem sind in jüngster Zeit V.s mit elektrostatischer Fokussierung oder/und Ablenkung für Sonderzwecke entwickelt worden.

Vieleck, **Polygon**, ein ebenes, von geraden Linien, den *Seiten*, begrenztes Flächenstück. Zwei benachbarte Seiten stoßen in einer *Ecke* des V.s zusammen; nach der Anzahl der Ecken, die gleich der Anzahl der Seiten und der Winkel ist, unterscheidet man → Dreieck, → Viereck, → Fünfeck, Sechseck, → Zehneck ..., *n*-Eck. Im allgemeinen wird die Bezeichnung V. vor allem auf Figuren mit mehr als vier Ecken angewendet. Die Verbindungsstrecke zweier nicht

Vielfachgerät

Vieleck: a konvex, b konkav, c überschlagen

benachbarter Ecken heißt *Diagonale*. Die Anzahl der Diagonalen eines n -Ecks ist $\frac{n(n-3)}{2}$, die Winkelsumme beträgt $(2n-4)R$.

Nach ihrer Form unterscheidet man *konvexe*, *konkave* und *überschlagene V.e* (Abb.). Bei **regelmäßigen konvexen V.en** sind alle Seiten gleich lang und alle Winkel gleich groß; die Ecken liegen auf dem umschriebenen Kreis, dem *Umkreis*, während der um den gleichen Mittelpunkt geschlagene *Inkreis* sämtliche Vieleckseiten als Tangenten berührt. Ein regelmäßiges n -Eck läßt sich durch Teilung des Kreisumfangs in n gleiche Teile konstruieren; z. B. ist die Seite des Sechsecks gleich dem Radius des Umkreises, die Seite des Zehnecks der größere Abschnitt des nach dem Goldenen Schnitt geteilten Umkreisradius. Nicht alle regelmäßigen V.e sind nur mit Zirkel und Lineal konstruierbar. Der Flächeninhalt eines V.s, in das sich ein Kreis einbeschreiben läßt, ist gleich dem halben Produkt aus seinem Umfang und dem Radius des einbeschriebenen Kreises. Um die Fläche eines beliebigen konvexen V.s zu berechnen, zerlegt man es in Dreiecke, deren Grundlinien und Höhen man durch Messung bestimmt, oder in Trapeze und rechtwinklige Dreiecke.

Vielfachgerät, in der Landwirtschaft ein Gerät, das ohne größere Umbauten für mehrere Arbeiten verwendet werden kann. Gespann- und traktorgezogene V.e bestehen aus einem von zwei Laufrollen getragenen Hauptrahmen, dem daran angelenkten Werkzeugrahmen, an dem nach Bedarf verschiedene Werkzeuge befestigt werden können, und der Steuervorrichtung. Die Werkzeuge sind mit einfachen Hebeln oder mit Führungsparallelogrammen gelenkig am Werkzeugrahmen befestigt. Der Radstand ist verstellbar, damit das Gerät der jeweiligen Reihenweite angepaßt werden kann.

Als Werkzeuge werden verwendet: *Pflanzlochsterne* zum Ausheben von trichterförmigen Pflanzlöchern für Kartoffeln u. a., *Häufelkörper* zum Zudecken und Häufeln gelegter Kartoffeln und *Hackmesser* zur Bodenlockerung und Unkrautbekämpfung (→ Hackgeräte).

Durch Anbau von Werkzeugträgern mit rotierenden Arbeitswerkzeugen lassen sich die V.e als Drehhacken (→ Hackgeräte) und Ausdünnmaschinen verwenden.

Vielfachtraktion, → Mehrfachtraktion.

Vielflächner, **Polyeder**, in der Elementargeometrie ein von ebenen Vielecken begrenzter → Körper. Für konvexe V. gilt der → Eulersche Polyedersatz.

Vierdrahtbetrieb, der Nachrichtenaustausch auf zwei getrennten zweiadrigen Leitungen für jede Verkehrsrichtung (unter Umständen getrennte Kabel). Der V. vermeidet Schwierigkeiten durch Nachbildfehler beim Gegensprechen, er ist daher für den Fernspreitverkehr besonders geeignet. In der Trägerfrequenztechnik dient der V. zur Verringerung des Neben- und Übersprecheinflusses.

Vierdrahtgleichungsverfahren, → Trägerfrequenztechnik.

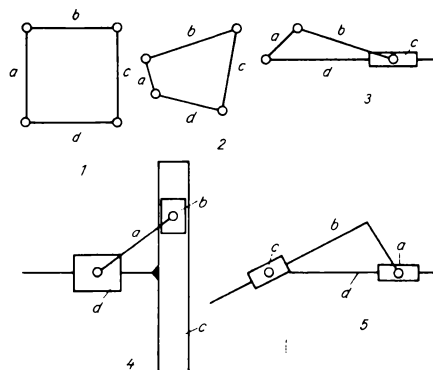
Viereck, ein Polygon (Vieleck) mit vier Seiten. Die Summe der Innenwinkel im V. beträgt 360° . Die Verbindungsstrecken zweier nicht benachbarter Ecken heißen *Diagonalen*. Verlaufen diese vollständig innerhalb des V.s, so ist das V. *konvex*, andernfalls *konkav*. Für bestimmte konvexe V.e gibt es besondere Bezeichnungen, z. B. → Parallelogramm, → Rhombus, → Rechteck, → Quadrat, → Trapez.

Vierer, ein → Fernmeldekabel mit 4 Adern. Durch besondere Schaltungen können auf diesen 3 Kanäle im NF-Bereich bereitgestellt werden (2 Stämme und 1 V.).

Vierfarbendruck, → Mehrfarbendruck.

Viergelenkkette, eine geschlossene, viergliedrige → kinematische Kette, von der die einfachen → Kurbelgetriebe abgeleitet werden, deren Glieder nur durch Rundlings- oder Prismenpaare verbunden sind (→ Elementenpaar). Aus der Kette mit vier Rundlingspaaren, der eigentlichen V. (auch **Gelenkviereck** genannt), lassen sich durch Gestellwechsel ableiten: → Kurbelschwinge, → Doppelkurbel, → Doppelschwinge sowie bei bestimmten Abmessungen der Glieder als Sonderfälle → Parallelkurbel, → Antiparallelkurbel, gleichschenklige Kurbelschwinge und gleichschenklige Doppelkurbel, wobei durch Verdopplung oder Hilfsverzahnung (→ Momentanpol) die zwanglosen Lagen überwunden werden. Entscheidend für die Art des aus der V. entstehenden Getriebes sind die Verhältnisse der Gliedertängen.

Aus der Kette mit drei Rundlingspaaren und einem Prismenpaar, der **Schubkurbelkette**, lassen sich ableiten: umlaufende und schwingende → Schubkurbel, umlaufende und schwingende → Kurbelschleife sowie einige Sonderfälle. Bei der Verwendung von zwei Rundlings- und zwei Prismenpaaren entstehen je nach Anordnung der Elementenpaare die **Kreuzschleifenkette** oder die **Schubschleifenkette** (veraltet Winkelschleifenkette). Aus der Kreuzschleifenkette lassen sich



1 Viergelenkkette, 2 Gelenkviereck, 3 Schubkurbelkette, 4 Kreuzschleifenkette, 5 Schubschleifenkette. a bis d Glieder

ableiten: hin- und hergehende → Kreuzschleife, umlaufende Kreuzschleife und feststehende Kreuzschleife. Aus der Schubschleifenkette lassen sich vier verschiedene Getriebe ableiten. Zu den V.n gehören auch die Kurvengetriebe; bei ihnen entspricht die Kurvenscheibe dem Antrieb bzw. der Kurbel und die Rolle der → Koppel (Übertragungsglied). **Durchschlagende Getriebe** aus der V. sind Getriebe, die eine Hilfsverzahnung o. ä. benötigen. Bei ihnen ist die Summe je zweier (benachbarter oder gegenüberliegender) Gliedertängen gleich groß.

Vierleistersystem, → Dreiphasenstrom.

Vierling, ein → Jagdgewehr.

Vierpol, jedes elektrische passive und aktive Netzwerk mit vier Anschlüssen, im engeren Sinne mit zwei Eingangsklemmen und zwei Ausgangsklemmen. V.e sind z. B. Kabel und Leitungen, Transformatoren, Verstärker, Siebschaltungen. Ein Maß für die nichtlinearen Verzerrungen eines V.s ist der → Klirrfaktor.

Vierpoltheorie, in der Elektrotechnik eine Theorie, die sich mit der mathematischen und meßtechnischen Bestimmung der interessierenden Eigenschaften und Größen eines → Vierpols befaßt sowie mit der Kombination von Vierpolen und ihrem Betriebsverhalten. Die V. bedient sich

dabei besonders der Matrizenrechnung. Die zu bestimmenden Vierpolparameter sind z. B. der Eingangs- und Ausgangswiderstand, der Kurzschluß- und Leerlaufwiderstand, der \rightarrow Wellenwiderstand und der Reflexionsfaktor (\rightarrow Reflexion).

Lit. R. Feldtkeller: Einführung in die V. der elektrischen Nachrichtentechnik (Stuttgart 1962).

Vierpunktkupplung, \rightarrow Anbausystem.

Viertaktmotor, \rightarrow Verbrennungsmotor.

Vietscher Wurzelsatz, ein von dem französischen Mathematiker François Vieta aufgestellter Lehrsatz der Algebra, der die zwischen den Wurzeln (Lösungen) einer algebraischen Gleichung n -ten Grades und ihren Koeffizienten bestehenden Beziehungen ausdrückt. Die Gleichung 2. Grades $x^2 - 8x + 15 = 0$ besitzt z. B. die beiden Lösungen 3 und 5. Denn es gilt allgemein: In einer quadratischen Gleichung ist die Summe beider Lösungen (Wurzeln) gleich dem Koeffizienten von x mit entgegengesetztem Vorzeichen und ihr Produkt gleich dem konstanten Gliede. Für eine Gleichung n -ten Grades

$x^n + a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + \dots + a_{n-1}x + a_n = 0$ mit den Wurzeln x_1, x_2, \dots, x_n gilt entsprechend

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = -a_1$$

$$x_1x_2 + x_1x_3 + \dots + x_{n-1}x_n = a_2$$

$$x_1x_2x_3 + x_1x_2x_4 + \dots + x_{n-2}x_{n-1}x_n = -a_3$$

$$x_1x_2x_3 \dots x_{n-1}x_n = (-1)^n a_n.$$

Vignettierung, bei optischen Systemen die Abschattung schiefeinfällender Strahlenbündel durch die Linsenfassungen oder andere mechanische Teile.

Vigogne, ein Mischgarn aus Baumwolle und 5 bis 10 % Wolle, das nach dem Streichgarn-Spinnverfahren gesponnen wird.

Vinidur, \rightarrow Plaste, Übers.

Vinitron, \rightarrow Chemiefaserstoffe, Übers.

Vinyl..., \rightarrow Alkenyl...

Vinylierung, eine Reaktion in der \rightarrow Azetylenchemie.

Vinylverbindungen, organisch-chemische Verbindungen, die die Atomgruppierung $-\text{CH}=\text{CH}_2$ enthalten. Die wichtigsten V. sind: **Vinyläther**, $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OR}$ (wobei $\text{R} = -\text{CH}_3, -\text{C}_2\text{H}_5, -\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ u. a.), erhält man durch Anlagern von Alkoholen an Äthin; **Vinyläthin**, $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$, gewinnt man durch Einleiten von Äthin in eine salzsaure Lösung von Kupfer(II)-chlorid und Ammoniumchlorid; **Vinylazetat**, $\text{CH}_3\text{COO}-\text{CH}=\text{CH}_2$, stellt man durch katalytische Anlagerung von Essigsäure an Äthin dar; **Vinylchlorid**, $\text{CH}_2=\text{CHCl}$, wird technisch in großem Umfang durch Anlagerung von trockenem Chlorwasserstoff an Äthin mittels eines Quecksilberchlorid-Aktivkohle-Katalysators gewonnen; **Vinylcyanid**, svw. \rightarrow Akrylnitril. Die meisten dieser Verbindungen sind sehr polymerisationsfähig (\rightarrow Polyvinyläther, \rightarrow Polyvinylazetat, \rightarrow Polyvinylchlorid, \rightarrow Polyakrylnitril) und haben als Ausgangsstoffe für die Plasterstellung Bedeutung.

Vinyon, \rightarrow Chemiefaserstoffe, Übers.

virtuell, in der Physik svw. scheinbar oder möglich. Ein **v.es** Bild (scheinbares Bild) entsteht bei der Abbildung durch einen ebenen Spiegel, eine Linse oder einen Hohlspiegel, indem die in das Auge des Beobachters gelangenden Strahlen nach rückwärts bis zum Schnittpunkt, dem Bildpunkt, verlängert werden. Gegensatz: reelles Bild (\rightarrow Spiegel, \rightarrow Linse). **V.e Verrückungen** (mögliche Verrückungen) eines Körpers sind infinitesimale Verrückungen, die mit den bestehenden Nebenbedingungen — zu einem festen Zeitpunkt — verträglich sind; Anwendung im Prinzip der virtuellen Verrückungen oder auch Prinzip der virtuellen Arbeit bei der Untersuchung von Gleichgewichtslagen und Bewegungen mechanischer Systeme. Bei bewegten mechanischen Systemen ermöglicht das Prinzip der virtuellen

Verrückungen eine elegante Bestimmung der auftretenden Zwangskräfte (\rightarrow Arbeitsgleichung). **V.e Teilchen** und **v.e Zustände** ergeben sich bei Berechnungen der Quantentheorie der Felder; das sind Teilchen bzw. Zustände, deren Existenz mit dem Energieerhaltungssatz an sich nicht verträglich ist. Jedoch kann für eine sehr kurze Zeit Δt die Unbestimmtheit der Energie ΔE — gemäß der Heisenbergschen Unschärferelation — genügend groß sein, so daß die Existenz möglich wird.

Visé, \rightarrow Karbon.

Viskose f, eine zähflüssige (viskose) Lösung des Zellulosexanthogenats, die zur Herstellung von \rightarrow Viskoseide, \rightarrow Viskosefaser, Viskosezellglas (\rightarrow Zellglas) und Viskoseschwämmen dient. Zur Herstellung von V. wird gebleichter Zellstoff mit 18- bis 22 % iger Natronlauge in **Natronzellulose** umgewandelt (**Alkalisieren**, unkorrekt **Merzerisieren**). Diese wird zerfasert und nach einer bestimmten Lagerzeit mit Kohlendisulfid und Natronlauge zu (**Natrium-**)**Zellulosexanthogenat** umgesetzt. Durch anschließendes Reifen erfolgt eine allmähliche Hydrolyse des Zellulosexanthogenats. Die so erhaltene V. enthält 6 bis 9 % Zellulose, 6 bis 7 % Natriumhydroxid und etwa 2 % Schwefel.

Viskosefaser, frühere Bezeichnung **Zellwolle**, woll- oder baumwollähnlicher Chemiefaserstoff von begrenzter Länge (Stapelfaser). Die V. besteht aus Flocken mit naturseidenähnlichem, mattem Glanz und wollähnlichem Griff, von gleichmäßiger Länge und großer Saugfähigkeit. Je nach dem Verwendungsgebiet kann sie schlicht oder gekräuselt, glänzend oder matt, wasser-aufsaugend oder -abstoßend hergestellt werden. V. kann man sowohl während der Herstellung als auch danach beliebig färben.

Als Rohstoff dient Zellstoff, der zunächst zu \rightarrow Viskose aufgearbeitet wird. Der Spinnvorgang ist ähnlich wie bei der Herstellung der Viskoseide, jedoch enthalten die Düsen 1000 bis 3500 Öffnungen, und die fertigen, aus dem Fällbad gezogenen Elementarfäden werden nicht als endloser verarbeitungsfähiger Faden aufgespult, sondern zu einem dicken Fadenstrang gesammelt. Dieser wird nach dem Waschen, Entschwefeln, Bleichen und Präparieren auf die gewünschte Länge von 3 bis 20 cm (Stapel) geschnitten. Die getrockneten Fasern werden zu versandfertigen Ballen gepreßt und so an die Textilindustrie abgegeben. Qualitätsmäßig bessere V. erhält man, wenn das Faserkabel gleich nach Verlassen der Spinnmaschine geschnitten wird (Sauerschnitt). Die Mischung von V. mit Naturfasern, z. B. Baumwolle oder Wolle, ergibt zahlreiche Mischgarne, die in der Textilindustrie zur Herstellung von Geweben, Wirkwaren, modischen Artikeln u. a. verwendet werden. Durch Ausrüsten mit Kunstharzen lassen sich knitterarme Viskosefaserartikel erzeugen. Außerdem verwendet man V.n in der Teppich- und Läuferfabrikation sowie in der Juteindustrie.

Lit. \rightarrow Chemiefaserstoffe, Übers.

Viskoseide, ein Chemiefaserstoff von naturseidenähnlicher Beschaffenheit, d. h. mit sehr feinem, endlosem Faden. Ausgangsrohstoff ist Zellstoff aus Nadelholz oder Linters, der zunächst über Zellulosexanthogenat zu \rightarrow Viskose verarbeitet wird. Diese wird, nach Filtration und Reifung, durch Spinn Düsen mit 25 bis 100 Öffnungen (Durchmesser: 0,06 bis 0,08 mm) in ein Fällbad mit natrium- und zinksulfathaltiger Schwefelsäure gedrückt. Beim Einpressen in das Fällbad zerfällt das Xanthogenat in Zellulose und Kohlendisulfid. Die entstehenden Elementarfäden werden sofort aufgespult, sorgfältig gewaschen, gebleicht und mit Präparationsmitteln behandelt. Im Anschluß an die Nachbehandlung werden die Fäden getrocknet, gehaspelt und

Viskosität

sortiert. V. wird textiltechnologisch wie Naturseide verarbeitet und zur Herstellung vieler Textilien verwendet (\rightarrow Chemiefaserstoffe, Übers.).

Viskosität, Zähigkeit, das durch die innere Reibung zwischen den Molekülen bedingte zähflüssige Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen. Auch formbare feste Stoffe, z. B. Siegellack, Eis und die meisten Metalle, zeigen V. Bei Gasen nimmt die V. mit steigender Temperatur zu, bei Flüssigkeiten dagegen ab.

Physikalisch wird die V. festgelegt durch den Reibungswiderstand bei der gegenseitigen Verschiebung parallel liegender Flüssigkeits- oder Gasschichten. Die V. (auch *Viskositätskoeffizient* oder *Koeffizient der inneren Reibung*) ist die Kraft, die erforderlich ist, um eine Schicht A von bestimmter Fläche gegen eine zweite, ebenso große Schicht B mit einer bestimmten Geschwindigkeit zu bewegen (Abb.). Diese Größe heißt **dynamische V.**, Zeichen η . Sie ist die physikalische Größe für die zwischen zwei benachbarten parallelen Schichten einer laminar strömenden homogenen isotropen Flüssigkeit in Abhängigkeit von der Formänderungsgeschwindigkeit herrschende Schubspannung, ausgedrückt durch den Quotienten aus Druck in der Schichtfläche und Geschwindigkeitsgefälle. Einheiten der dynamischen V. sind Newtonsekunde/Quadratmeter (Ns/m^2) und Poise (P). Die **kinematische V.**, Zeichen γ , ist der Quotient aus dynamischer V. und Dichte. Einheiten sind Quadratmeter/Sekunde (m^2/s) und Stokes (St).

Einige Werte von η bei 18 °C (in P): Ammoniak 0,000093 P, Sauerstoff 0,000192 P, Wasser 0,011 P, Äthylalkohol 0,013 P, Äthyläther 0,0025 P, Glycerin 11 P, Eis 10¹² P, Stahl 10¹⁷ P.

Eine Flüssigkeit mit der V. $\eta = 0$ heißt ideale Flüssigkeit, ein Festkörper mit der V. $\eta = \infty$ ideal starrer Körper; beide kommen in der Natur nur in Näherungen vor, z. B. verhält sich Äthyläther fast ideal.

Die Messung der V. (Viskosimetrie) erfolgt mit **Viskosimetern**. Bei ihnen wird z. B. die Ausflußzeit eines bestimmten Flüssigkeits- oder Gasvolumens durch ein Ausflußrohr (Kapillare) bestimmter Weite (Kapillarrisviskosimeter) oder die Fallgeschwindigkeit einer Kugel in der Flüssigkeit (Fallkörpervisviskosimeter) ermittelt, bei Gasen auch die Dämpfung einer frei schwingenden Scheibe (Scheibervisviskosimeter). Das Engler-Viskosimeter, ein Ausflußviskosimeter, dient zur Ermittlung einer relativen V. in \rightarrow Englergraden.

Vista-Vision-Verfahren, ein \rightarrow Breitwandverfahren.

Vistra, \rightarrow Chemiefaserstoffe, Übers.

Vitamine, vorwiegend in Pflanzen gebildete lebensnotwendige Wirkstoffe, die dem menschlichen und dem tierischen Organismus zugeführt (*akzessorische Nährstoffe*) oder aus darin enthaltenen unwirksamen Vorstufen, den **Provitaminen**, aufgebaut werden. Die V. liefern keine Energie wie die Nährstoffe, sind aber für den normalen Stoffwechsel unentbehrlich. Viele V. wurden als Wirkgruppen von Fermenten (Kofermente) erkannt. Völliges Fehlen eines Vitamins oder ungenügende Zufuhr rufen eine für das betreffende Vitamin spezifische Mangelkrankheit hervor (*Avitaminose*, *Hypovitaminose*), die durch entsprechende Vitamingabe geheilt werden kann. Übermäßige Zufuhr mancher V. kann ebenfalls Krankheiten auslösen (*Hypervitaminose*). Der Vitamingehalt der einzelnen Nahrungsmittel ist sehr unterschiedlich. Unsachgemäße Vor- und Zubereitung können den Vitamingehalt und damit den ernährungsphysiologischen Wert der Nahrung erheblich herabsetzen. Mengenmäßige Angaben von V. erfolgten früher nur in internationalen Einheiten (IE), in neuerer Zeit zum

größten Teil in Masseinheiten (mg). Viele V. können synthetisch dargestellt werden.

Die V. gehören ihrem chemischen Aufbau nach verschiedenartigen organischen Stoffgruppen an. Es sind etwa 20 V. bekannt, die mit großen lateinischen Buchstaben, zumeist unter Zuhilfenahme arabischer Ziffern, gekennzeichnet sind. Sie werden eingeteilt in wasserlösliche und fettlösliche V.

A) Wasserlösliche V. **Vitamin-B-Gruppe**. **Vitamin B₁ (Aneurin, Thiamin)**, ein antineuritisch Vitamin, das im Molekül einen Thiazol- und Pyrimidinring enthält, ist hitzeempfindlich, kurzes Kochen schädigt es jedoch nicht. Vitamin B₁ ist in Getreidekeimlingen, Bier- und Backhefe, in der Kleie (bes. Reiskleie, nicht in polierten Körnern), in Kartoffeln, Rüben, Gemüse, Früchten und in tierischen Geweben, z. B. in Leber, enthalten. Es ist das Koferment der Fermente Dekarboxylasen und Aldehyd-Transferasen. Beim Kohlenhydratabbau spielt es eine entscheidende Rolle. Daher treten bei Mangel an Vitamin B₁ Störungen des Kohlenhydratstoffwechsels auf, ferner nervöse Störungen, z. B. Krämpfe, Bewegungsstörungen, beim Menschen Beriberi. Der durchschnittliche Tagesbedarf beträgt 0,5 bis 1 mg.

Vitamin-B₂-Komplex. Riboflavin (Laktoflavin), chemisch 6,7-Dimethyl-9-(D-1'-ribityl)-isoalloxazin, kommt bes. in Hefe, Milch, Käse, Leber, Niere, Herzmuskel, Nebennieren, Eigelb und Hülserfrüchten vor. Es bildet als Riboflavinphosphorsäure das Koferment der Atmungsfermente, die bei der inneren Atmung (Zellatmung) eine entscheidende Rolle spielen. Mangel verursacht Wachstumsstörungen und Hautveränderungen, besonders an den Lippen. Täglicher Bedarf etwa 1 mg.

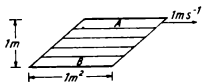
Nikotinsäure (Niazin, Pyridin-3-karbonsäure) und Nikotinsäureamid (Nikotinamid, Niazinamid) kommen bes. in Leber, Niere, Milch, Fisch, Hefe und Getreidekeimlingen vor. Synthetisch gewinnt man Nikotinsäure durch Oxydation von Nikotin oder β -Pikolin, Umsetzung mit Kaliumcyanid und anschließende Verseifung. Nikotinsäure ist ein Baustein der Pyridinnukleotide, die als wasserstoffübertragende Kofermente biochemisch große Bedeutung haben. Nikotinsäuremangel führt zur Pellagra, einer Krankheit, die Nervensystem, Verdauungskanal und Haut angreift. Tagesbedarf eines Erwachsenen 12 bis 18 mg Nikotinsäureamid.

Folsäure, chemisch Pteroylglutaminsäure, findet sich bes. in Leber, Niere, Muskeln, frischem Blattgemüse, Hefe, Milch, Käse und einigen Bakterien. Sie ist ein Bakterienwuchsstoff und an der Blutbildung beteiligt. Täglicher Bedarf etwa 1 bis 2 mg Folsäure oder -derivate. Die biochemisch aktiveren Formen sind die Tetrahydrofolsäure und die N-Formyltetrahydrofolsäure (Leukovorin, Zitrovorumsfaktoren).

Pantothensäure, chemisch N-(α , γ -Dihydroxy- β , β -dimethylbutyryl)- β -alanin, ist im Tier- und Pflanzenreich weit verbreitet (Hefe, Früchte, Gemüse, Muskel, tierische Organe, Milch). Beim Menschen sind keine Mangelscheinungen bekannt. Der tägliche Bedarf (etwa 3 bis 5 mg) wird genügend durch die Nahrung zugeführt. Die Pantothensäure wird als Vorstufe für die Koferment-A-Biosynthese benötigt.

Vitamin B₆ (Pyridoxin, Adermin), ein aus den drei Pyridinderivaten Pyridoxol, Pyridoxal und Pyridoxamin bestehender Vitaminkomplex, findet sich z. B. in Hefe, Reiskleie, grünem Gemüse, Muskulatur, Eigelb und Milch. Das Fehlen von Vitamin B₆ verursacht beim Menschen nervöse Störungen und Blutarmut. Der Tagesbedarf liegt bei 1,5 mg.

Vitamin B₁₂ ist Sammelbezeichnung für zahlreiche *Korrinoide* (früher *Kobalamine*). Wichtig-



ster Vertreter ist das Zyanokobalamin (Hämogen, Erythrotin, Antiperniziosafaktor), ein kobalthaltiges, rotes Vitamin komplizierter chemischer Konstitution. Es kommt z. B. in tierischen Geweben und Organen sowie in Milch vor und beeinflusst den Aminosäurestoffwechsel, indem es die Verwertung der im Blut kreisenden Aminosäuren und des Nahrungseiweißes fördert. Es normalisiert das Blutbild bei der perniziösen Anämie, einer schweren Krankheit, gekennzeichnet durch gestörte Blutbildung, fehlende Magensaftsekretion, Störungen des Nervensystems. Als Tagesbedarf genügen schon 0,001 mg.

Vitamin C (Ascorbinsäure), Lakton der 2-Keto-L-Gulonsäure, ein antiskorbutisches Vitamin, das stark reduzierend wirkt. Es wird durch langes Kochen zerstört und ist empfindlich gegen Eintrocknen und Lagern. Vitamin C ist in der Natur weit verbreitet, vor allem in Frischgemüse und Obst.

Mangelerkrankungen beim Menschen, bei Fleisch- und jungen Pflanzenfressern sind: Blutungen und Entzündungen am Zahnfleisch, Lockerwerden der Zähne, Blutungen in der Muskulatur und Haut, Blutarmut, Störungen von Hypophyse, Gelbkörper, Nebenniere, Störungen des Knochenwachstums und Geschlechtslebens, Anfälligkeit gegen Infektionen. Der tägliche Bedarf beträgt etwa 75 mg, er steigt durch Belastungen des Organismus (Infektionskrankheiten, Schwangerschaft u. dgl.) an.

Vitamin-C-Gehalt verschiedener Nahrungsmittel nach Lenartz (Zahlen in Klammern gelten für normal gelagerte und zubereitete Nahrungsmittel)

Nahrungsmittel	mg Vitamin C je 100 g	Nahrungsmittel	mg Vitamin C je 100 g
Schweineleber	20	Sauerkraut	13...40 (10)
Kuhmilch	0,07...3,0	Tomaten	15...18
Petersilie	150 (15)	Kopfsalat	27...43
Kohlrabi	100 (15)	Kartoffeln	6 (5)...30
Grünkohl	120...130 (15)	Paprika	50
Rosenkohl	130...150 (10)	Hagebutten	250...1400
Blumenkohl	125...175 (10)	Apfelsinen	16...50
Spinat	100...120 (4)	Erdbeeren	70...90
Rotkohl	35...50 (5)	Zitronen	50
Radishes	25...30	Grapefrucht	24...45
Spargel	30 (5)	Himbeeren	25
		Bananen	8...14
		Äpfel	0,5...20

Vitamin H (Biotin), chemisch 2-Keto-3,4-imidazol-2-tetrahydrothiophen-n-valeriansäure, ist sehr hitzeempfindlich und hauptsächlich in Leber, Niere, Hefe, Eigelb und Milch enthalten. Der optimale Tagesbedarf der Menschen (etwa 0,25 mg) wird stets reichlich mit der Nahrung gedeckt. Bei Fehlen des Vitamins H in der Nahrung oder bei übermäßigem Genuß rohen Hühnereiweißes können Avitaminosen auftreten, die sich in einer als Seborrhoe bezeichneten Hauterkrankung äußern. Vitamin H ist Wachstumsfaktor für Pilze und Bakterien.

B) Fettlösliche V. **Vitamin A** (genauer **Vitamin A₁**, **Retinol**, **Xerophthol**, **Xerophthol**), chemisch ein Alkohol mit β -Jononstruktur, ist kochbeständig und kommt, außer in einigen Algen, lediglich in tierischen Produkten vor, z. B. in Milch, Butter, Eidotter und Lebertran. Im Pflanzenreich ist es nur als Provitamin im Karotin und Kryptoxanthin enthalten. Mangelerkrankungen sind mit Epithelveränderungen im Sinne einer Verhornung verbunden. Es kommt zur Nachtblindheit, die auf einer Störung in der Bildung von Sehporpur beruht, und zu Hautschäden. Der tägliche Bedarf beträgt etwa 1,5 bis 2 mg.

Vitamin D (Kalziferol), Bezeichnung für eine Gruppe antirachitischer V., die chemisch Sterinverbindungen darstellen und sich bei Einwirkung

ultravioletter Strahlen aus bestimmten Vorstufen bilden. Am biologisch wichtigsten sind die V. D₂ und D₃. **Vitamin D₂ (Ergokalziferol)** entsteht photochemisch aus dem Ergosterin. Diese V. sind außer in Lebertranen und -ölen noch in Hering, Eigelb, Käse, Schweineleber, Butter, Milch und Speisepilzen enthalten. Bei Mangel kommt es zu Rachitis und anderen Knochen-Stoffwechselerkrankungen. Überdosierung führt zu Verkalkung von Arterien und Nieren. Täglicher Bedarf etwa 0,025 mg.

Vitamin-E-Komplex (Tokopherole), eine Gruppe Antiterilitäts- oder Fertilitätsvitamine, die chemisch Kondensationsprodukte von Trimethylhydrochinon und Phytol sind. Bisher sind 7 Tokopherole ($\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta$) bekannt. Sie sind vor allem in Weizen- und Maiskeimen, ungeschältem Reis, Kopfsalat, Kohl, Butter, Rizinusöl, Palmöl, Rindfleisch und Eigelb enthalten. Die Tokopherole wirken als Katalysatoren bei der gonadotropen (d. i. die hormonale Tätigkeit der Keimdrüsen steuernde) Funktion des Hypophysenvorderlappens. Mangelerkrankungen sind beim Menschen nicht bekannt, bei der Ratte führt das Fehlen zu Fortpflanzungsstörungen.

Vitamin F, Bezeichnung für einen Vitamin-komplex, der die essentiellen Fettsäuren, bes. Linolsäure, Linolensäure, Arachidonsäure, umfaßt, die im menschlichen Körper nicht synthetisiert werden können.

Vitamin K, Sammelbezeichnung für die anti-hämorrhagischen V. K₁ bis K₈. **Vitamin K₁ (Phyllochinon)**, chemisch 2-Methyl-3-phytyl-1,4-naphthochinon, ist kochbeständig und kommt in allen grünen Pflanzenteilen, Tomaten, Hanfsamen, Schweineleber und einigen Bakterien vor. Ein Erwachsener benötigt etwa 0,001 mg täglich. Bei Mangel an Vitamin K (beim Menschen sehr selten) wird wahrscheinlich der natürliche Prothrombingehalt herabgesetzt, was eine geringere Blutgerinnungsgeschwindigkeit zur Folge hat.

Lit. Abderhalden: V., Hormone, Fermente (4. Aufl. Basel 1953); Ammon u. Dirscherl: Fermente, Hormone, V. und die Beziehungen dieser Wirkstoffe zueinander, 3 Bde (3. Aufl. Stuttgart 1960); Fragner: V. — ihre Chemie und Biochemie, 2 Bde (dtisch Jena 1964/1965); Kempter: Struktur und Synthese von V.n (Berlin 1946); Knobloch: Physikalisch-chemische Vitaminbestimmungsmethoden (dtisch 2. Aufl. Berlin 1963); Tangl: Die Rolle der V., Hormone und Antibiotika in der Tierzucht (dtisch Budapest 1964).

Vitriole, eine häufig verwendete Bezeichnung für alle Sulfate zweiwertiger Metalle, die mit 7, seltener mit 5 Molekülen Kristallwasser kristallisieren. Die V. sind meist gefärbt, z. B. Kupfervitriol blau, Manganvitriol rosa, Nickelvitriol smaragdgrün und Kobaltvitriol dunkelrot.

Vitrokeram (Wz. DDR), **Sital** (Wz. UdSSR), **Pyroceram** (Wz. USA), ein homogener mikrokristalliner Werkstoff, der durch gesteuerte Kristallisation bestimmter Gläser hergestellt wird. Die notwendige spontane Kristallisation beruht auf der Anwesenheit einer Komponente im Glas, die bei bestimmter Temperatur die Funktion eines Keimbildners ausübt. Als Keimbildner sind z. B. Platin, Gold, Silber, Kupfer, Fluor, Titan(IV)-oxid und Chrom(III)-oxid geeignet. Je nach Zusammensetzung und Temperaturbehandlung sind Werkstoffe mit speziellen Eigenschaften, z. B. hoher Festigkeit (für Lagersteine, Raketenspitzen u. a.), oder mit niedrigem bis negativem Ausdehnungskoeffizienten als äußerst temperaturwechselbeständige Werkstoffe herstellbar.

Vivianit, **Blauisenierz**, ein Mineral, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$; monoklin, ganz frisch fast farblos, geht an der Luft sofort in Tiefblau über, Härte nach Mohs 2, D. 2,6 g cm⁻³. V. ist weit verbreitet und findet sich in Verbindung mit Limonit, eisen-schüssigen Tonen und Torfmooren.

vizinal, vicinal, abg. **vic.**, Bezeichnung für die 1,2,3-Stellung gleicher Substituenten am Benzolring, z. B. **vic.**-Trimethylbenzol statt 1,2,3-Trimethylbenzol.

VK, Abk. für Vergaserkraftstoffe, → Kraftstoffe.

VK-Rohr, → Polyamide.

VLF, Abk. für Very Low Frequency, → Frequenz.

Vlies, 1) Spinnerei: infolge natürlicher Haftung zusammenhängende Faserschicht. Das von der Schlagmaschine abgelieferte **V.** wird als Wickelwatte bezeichnet, ein durch Kardieren entstandenes dünnes **V.** als Flor, ein aus mehreren übereinanderliegenden Floren bestehendes **V.** als Pelz. **Vliesstoffe** sind in verschiedener Weise verfestigte **V.e.**, die als Einlagestoff, Polstermaterial, Steppdeckenfüllung, zur Wärme- und Schalldämmung u. a. oft verwendet werden. **Klebvliesstoffe** (Retovlies, Runotex, Wz. DDR) sind durch Bindemittel verfestigte **V.e.** **Schrumpfvliesstoffe** (Texotherm) entstehen durch Temperatureinwirkung. **Quellvliesstoffe** entstehen durch Quellmitteleinwirkung auf bestimmte Fasern, die dadurch schrumpfen, sich kräuseln und verschlingen, wodurch das **V.** verfestigt wird. Bei der Herstellung von **Nadelvliesstoffen** werden von speziellen, mit Widerhaken versehenen Nadeln zahlreiche Fasern durch das zu verfestigende **V.** hindurchgezogen. Über **Skelettvliesstoff** → Skelan. **Nähwirkvliesstoff** ist durch Übernähen verfestigtes **V.**

Lit. Neue Textiltechnologien. Maliwatt, Skelan, Verbasyn (Leipzig 1982).

2) das abgeschorene, zusammenhängende Wollkleid des Schafes.

V/m, Kurzz. für → Volt/Meter.

Vogelschaubild, eine kartenähnliche zentralperspektivische Zeichnung eines Erdoberflächenstücks in der Art einer Luftbildschrägaufnahme. Die Konstruktion erfolgt nach Karten. Das gedachte Projektionszentrum kann sehr hoch über der Landschaft angenommen werden, dadurch entstehen anschauliche Geländeübersichten.

Vogesit, ein → Lamprophyr.

Voith-Schneider-Propeller, abg. **VSP**, ein Flügelradpropeller, der Fortbewegungs- und zugleich Steuermittel für Schiffe (Schlepper, Fähren, Schwimmkrane, -bagger, Binnenfahrtschiffe u. a.) darstellt. Auf dem Umfang eines Laufrades sitzen 4 oder 6 Spatenflügel mit tragflügelartigem Querschnitt, die sich mittels einer Exzentersteuerung im Inneren des Laufrades um ihre Längsachse drehen lassen. Sie werden jeweils so eingestellt, daß sie den größtmöglichen Schub abgeben. Durch Verstellen des Normalpunktes der Flügel läßt sich die Schubrichtung ändern, so daß der **VSP** als Ruder wirkt. Das Laufrad wird annähernd horizontal, und zwar bündig, in den Schiffsboden eingebaut, meist hinten, mitunter (z. B. bei Fährschiffen) auch in Vor- und Hinterschiff. Die Achse des **VSP**, die annähernd senkrecht steht, wird von einem Dieselmotor in Drehung versetzt. Schiffe mit **VSP** benötigen kein Ruder und sind sehr

wendig. Sie können z. B. auf der Stelle drehen, solche mit 2 **VSP** können sich quer bewegen.

Vollbahn, ältere Bezeichnung für normalspurige (vollspurige) → Eisenbahn, im Gegensatz zur Kleinbahn.

Vollerntemaschine, **Kombine**, eine Erntebearbeitungsmaschine, die sämtliche zur Ernte einer Fruchtart gehörenden Arbeiten durchführt. Eine **V.** für die Getreidernte ist der → Mähdrescher, für die Kartoffelernte die → Kartoffelvollerntemaschine, für die Rübenerte die → Rübenvollerntemaschine und für die Maiserte die → Maisvollerntemaschine.

Vollschiff, ein → Segelschiff.

Volt, Kurzz. **V**, nach dem italienischen Physiker A. Volta benannte gesetzliche Einheit der elektrischen Spannung. Das **V.** ist die elektrische Spannung zwischen zwei Punkten eines homogenen und gleichmäßig temperierten metallischen Leiters, in dem bei einem zeitlich unveränderlichen Strom der Stärke 1 Ampere zwischen den beiden Punkten eine Leistung von 1 Watt umgesetzt wird. $1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$ (Watt/Ampere). **Kilovolt**, Kurzz. **kV**, $= 10^3 \text{ V}$. **Megavolt**, Kurzz. **MV**, $= 10^6 \text{ V}$. **Dezivolt**, Kurzz. **dV**, $= 10^{-1} \text{ V}$. **Millivolt**, Kurzz. **mV**, $= 10^{-3} \text{ V}$. **Mikrovolt**, Kurzz. **µV**, $= 10^{-6} \text{ V}$.

Voltmeter, svw. → Coulombmeter.

Voltampere, Kurzz. **VA**, gesetzliche Einheit der Leistung. Das **V.** ist an Stelle des Watt nur zur Angabe elektrischer Scheinleistungen zulässig. $1 \text{ VA} = 1 \text{ W}$ (Watt). **Kilovoltampere**, Kurzz. **kVA**, $= 10^3 \text{ VA} = 1 \text{ kW}$ (Kilowatt).

Voltmeter, svw. → Spannungsmesser.

Volt/Meter, Kurzz. **V/m**, gesetzliche Einheit der elektrischen Feldstärke. Das Volt/Meter ist die elektrische Feldstärke eines homogenen elektrischen Feldes, in dem der Spannungsabfall je 1 Meter Feldlinie 1 Volt beträgt. $1 \text{ V/m} = 10^{-9} \text{ V/cm} = 1 \text{ m kg s}^{-3} \text{ A}$.

Voltsekunde, svw. → Weber.

Volumen, svw. → Rauminhalt.

Volumenprozent, → Konzentration.

Volumetrie, **Maßanalyse**, **Titrimetrie**, ein Verfahren der quantitativen chemischen Analyse. Man läßt eine Reagenzlösung (Maßlösung) von genau bekanntem Titer aus einer Bürette zu der genau abgemessenen Untersuchungslösung oder der genau abgewogenen und gelösten Untersuchungssubstanz fließen, bis der zu ermittelnde Bestandteil in bestimmter Weise vollständig mit der Maßlösung reagiert hat (**Titration**). Dieser Punkt (Äquivalenzpunkt, Endpunkt) wird durch Indikatoren oder mittels elektrochemischer Verfahren (z. B. Potentiometrie, Konduktometrie) sichtbar gemacht. Aus dem Verbrauch an Maßlösung läßt sich die Menge der Untersuchungssubstanz berechnen. An volumetrischen Bestimmungsmethoden unterscheidet man vor allem → Oxydimetrie, → Fällungsanalyse, → Neutralisationsanalyse und → Komplexometrie. Maßanalysen werden vielfältig in der chemischen Produktion zur Überwachung von Reaktionen angewendet.

Lit. → Analyse.

VOR, ein Drehfunkfeuer, → Funkortung.

Vorbau, svw. → Vorwärtsbau.

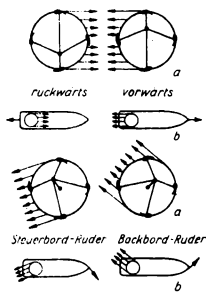
VORDAC, ein System zur → Funkortung.

VOR-DME, ein System zur → Funkortung.

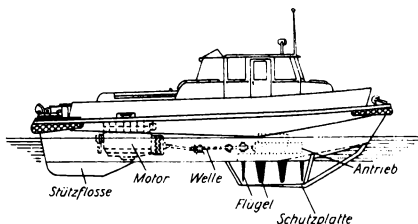
Vorfluter, jedes Gewässer (Graben, Bach, Fluß, See), in das überschüssiges Wasser eingeleitet wird. Da der **V.** meist auch Fischgewässer ist, darf er nicht zu stark mit Abwasser belastet werden.

Vorgarn, → Garn.

Vorgelege, eine Welle mit Riemenscheiben oder Zahnrädern an einer Maschine. Durch das **V.** wird eine bestimmte Drehzahl vom Antrieb her erzielt (z. B. bei der Transmission). Es dient außerdem zum Schalten von Leer- auf Vollauf.



Wirkungsweise des Voith-Schneider-Propellers.
a Flügelstellung, b Bewegungsrichtung des Schiffes



Schlepper mit Antrieb durch Voith-Schneider-Propeller

Vorguppenmodulation, → Trägerfrequenztechnik

Vorherd, ein feuerfest ausgekleideter Sammelbehälter für Schmelzprodukte metallurgischer Schachtöfen (z. B. → Kupolöfen) außerhalb des eigentlichen Ofens, ferner zur Trennung der Schmelzprodukte (Schlacke und Stein).

Vorkammernmotor, ein → Dieselmotor.

Vorlegierung, eine Legierung, die das Legierungselement in großer Menge enthält und die der Schmelze des Grundmetalles in dosierter Menge zugesetzt wird, um eine Legierung bestimmter Zusammensetzung zu erhalten. V.en sind meist intermetallische Verbindungen, die spröde sind, sich gut zerkleinern und damit gut dosieren lassen, z. B. die Ferrolegierungen. Sie werden dann verwendet, wenn sich die reine Legierungskomponente schwer in der Grundmetallschmelze löst.

Vorratsroder, eine Kartoffelerntemaschine, die Kartoffeln rodet und in Längsschwaden ablegt. Sie ist ausgeführt als gespannt- oder traktorgezogenes Gerät, als Anbaugerät oder Aufsattelgerät. Der V. ermöglicht das Roden der Kartoffelzeilen, ohne daß die bereits gerodeten Zeilen aufgelenken worden sind, im Unterschied zum Schleuderraderoder, bei dem zur Vermeidung von Zudeckverlusten die Kartoffeln sofort nach dem Roden gelesen werden müssen. Der Antrieb der bewegten Organe erfolgt über eine Zapfwelle vom Traktormotor, bei Gespanngeräten vom Lauftrad (Bodenantrieb).

Hauptteile des V.s sind Rodeschare, Siebelemente (z. B. Siebketten, schwingende Siebröste) zum Absieben der Erde sowie Elemente zur Schwadbildung (z. B. Stabtrutschen). Durch Lenkung der Räder oder seitliches Verschieben des Kopplungspunktes bei Aufsattelgeräten kann die Hangtauglichkeit wesentlich erhöht werden. Der V. kann als Siebrad-, Siebtrommel-, Siebketten- oder Schwing sieveoder ausgeführt sein. Durch Einbau spezieller Rodewerkzeuge lassen sich die V. auch zum Roden von geköpften Zuckerrüben, Möhren, Sellerie u. a. verwenden.

Vorrichtung, 1) Fertigungstechnik: ein Hilfsmittel für die Serien- und Massenfertigung, das die zu bearbeitenden Werkstücke in einer bestimmten Lage zum Werkzeug festhält. Man unterscheidet 1) V.en zum Bearbeiten von Werkstücken, ohne daß für jedes ein Anriß notwendig ist, z. B. Bohrvorrichtungen (→ Bohren); 2) V.en zum Umformen; 3) Zusammenbau- und Schweißvorrichtungen. Zusammenbau- und Schweißvorrichtungen bestehen mitunter aus einem festen Fundament und aus entsprechend der Werkstückform auswechselbaren Aufsätzen, z. T. sind sie auch drehbar.

Lit. Abendroth: Die V. im Maschinenbau (Leipzig 1958); Ziegner: Berechnung und Konstruktion von V.en (6. Aufl. Berlin 1967).

2) → Untertagebau.

Vorsatzlinse, eine Linse, die vor das Objektiv eines optischen Geräts gesetzt wird, um Dinge abzubilden, die sich in einer für das Gerät ungeeigneten Entfernung befinden. V.n verändern die Brennweite des Objektivs. Beispiele: Feldstecher werden mit V.n zu Fernrohr lupen. V.n vor photographischen Objektiven erweitern den Aufnahmebereich der Kamera, sie werden vor allem bei Nahaufnahmen verwendet.

Vorschub, in der Fertigungstechnik im weiteren Sinne die Vorwärtsbewegung des Werkstückes oder Werkzeuges in Richtung des Bearbeitungsfortschritts, im engeren Sinne die Vorwärtsbewegung während eines Bearbeitungs-ganges sowie der dabei zurückgelegte Weg, der in mm/U oder mm/min angegeben wird.

Vorspannung, 1) Funktechnik: die an die Eingangslektrode einer Elektronenröhre oder

eines Transistors gelegte Gleichspannung, der eine Wechsellspannung überlagert wird.

2) Bauwesen: → Spannbeton.

Vorspur, die geringe Verstellung der Vorderräder eines Kraftwagens derart, daß der Abstand der vorderen Felgenkanten beider Räder, gemessen in Höhe der Radmitten, geringer ist als der Abstand der hinteren Felgenkanten. Die Differenz beträgt 2 bis 3 mm, bei Hochdruckreifen bis zu 10 mm. Die V. dient dazu, das Spiel in dem Lenkgestänge zu beseitigen sowie die Flatterneigung der Vorderräder zu verringern und sie zu stabilisieren. Zu große V. hat starken Reifenverschleiß zur Folge.

VORTAC, ein Funkortungssystem, → Funkortung.

Vortrieb, die Kraft, die ein Fahrzeug o. dgl. vorwärtstreibt und z. B. durch Luft- oder Schiffschraube erzeugt wird.

Vorwähleinrichtung, in der Fertigungstechnik eine Einrichtung zum Voreinstellen von Maschinenwerten für die nächste Arbeitsstufe während der Fertigung der vorhergehenden Arbeitsstufe. Die Schaltung kann auf mechanischem, hydraulischem, elektrischem oder elektrohydraulischem Wege erfolgen.

Vorwähler, → Fernsprechen.

Vorwählgetriebe, → Kraftwagen.

Vorwärmer, → Luftvorwärmer, → Ekonomiser.

Vorwärtsbau, Feldwärtsbau, Vorbau, eine Abbauführung, bei der der Abbau vom Förderschacht oder von der Hauptförderachse der Bauabteilung aus zur Grubenfeld- oder Bauabteilungsgrenze fortschreitet. Im Gegensatz dazu schreitet beim Rückbau der Abbau von der Grubenfeld- oder Bauabteilungsgrenze aus in Richtung zum Förderschacht oder zur Hauptförderachse der Bauabteilung fort.

Vorzeichen, die Zeichen + (plus) und - (minus) zur Kennzeichnung der positiven und der negativen Zahlen, z. B. +2, - $\sqrt{3}$. Das positive V. (+) wird meist weggelassen. Begrifflich sind die V. streng zu unterscheiden von den *Operationszeichen* + und - für die Addition bzw. die Subtraktion.

Vorzugszahlen, zu bevorzugende, gerundete Glieder dezimalgeometrischer Zahlenfolgen mit

dem Faktor $\sqrt[n]{10}$, wobei $n = 5, 10, 20, 40$ oder 80 ist. Kurzbezeichnung der entsprechenden Reihen: R 5, R 10, R 20, R 40 und R 80. Die V. sind gemäß ISO-Empfehlungen R 3-1953 und R 17-1955 international standardisiert.

Bezeichnung der Reihe	Zahl der Stufensprünge je Zehnerabschnitt	Stufensprung		
		Berechnung	Größe	%
R 5	5	$\sqrt[5]{10}$	1,6	60
R 10	10	$\sqrt[10]{10}$	1,25	25
R 20	20	$\sqrt[20]{10}$	1,12	12
R 40	40	$\sqrt[40]{10}$	1,06	6
R 80	80	$\sqrt[80]{10}$	1,03	3

Die V. sind ein wichtiges Hilfsmittel für die Standardisierung. Sie dienen der zweckmäßigen Stufung von Größen vornehmlich bei der Typung, z. B. bei der Bestimmung von Hauptabmessungen oder bei der Aufstellung von Baureihen. V. sind häufig zwingende Voraussetzung für die Austauschbarkeit und Wiederholbarkeit sowie für das Anwenden des Baukastensystems. In der DDR sind sie Bestandteil der TGL, in der UdSSR Bestandteil der GOST. Die V. wurden

früher **Normungszahlen**, dann **Normzahlen** genannt.

Lit. Giewald u. Schwertner: V. (Leipzig 1964).

Voute *f*, 1) die Verstärkung eines waagerechten, flachen Baugliedes beim Übergang zum Auflager. Die V. findet sich besonders an der Unterseite von monolithischen Stahlbetondecken beim Übergang zum Stahlbetonbalken (Stahlbetonplattenbalkendecke) oder bei Stahlbetonbalken vor dem Stützauflager und zur Verringerung der Feldmomente, zur Vergrößerung des Querschnitts und damit zur besseren Verteilung der Schubspannungen. Die V. hat einen schrägen oder gebogenen Verlauf.

2) der meist halbkreisförmig ausgebildete Übergang vom Deckenputz zum Wandputz.

VPI-Verfahren [Abk. für englisch vapour phase inhibitor 'Dampfphaseninhibitor'], ein Verfahren des zeitweiligen Korrosionsschutzes von Gegenständen aus Stahl und Eisen, aber auch anderen Metallen, wie Aluminium, Chrom, Nickel, Kobalt, z. B. für die Zeit des Transportes durch Verpacken in VPI-Papier oder durch Einlegen von VPI-Pulver in das Transportgefäß. Das **VPI-Papier** ist ein mit langkettigen aliphatischen oder alizyklischen Aminnitrilen als Inhibitor imprägniertes Spezialpapier. Die verdampfenden Moleküle des Inhibitors schlagen sich auf der zu schützenden Oberfläche ab und sperren den Zutritt des Korrosionsmittels. Das **VPI-Pulver** ist der stofflich reine Inhibitor, der in gleicher Weise wie das VPI-Papier wirkt.

Vs, Kurzz. für Voltsekunde, → Weber.

VSP, Abk. für → Voith-Schneider-Propeller.

V-Stoffe, die modernste Klasse chemischer Kampfstoffe, extrem giftige → Nervengifte. Die V-S. sind Derivate der Cholinphosphorsäureester, sie liegen als geruch- und geschmacklose, kristalline und farblose Substanzen vor. Die V-S. dringen ohne äußere Reizerscheinungen, auch über die intakte Haut, in den Organismus.

VTOL-Flugzeug, → Senkrechtstart.

Vulkan (Abb.), Stelle der Erdoberfläche, an der Magma (Lava) aus dem Erdinneren zutage gefördert wird, im morphologischen Sinne ein durch derartige Stoffanhäufung über der Erdoberfläche sekundär entstandener Berg. Durch Druckentlastung, Temperaturabnahme und Kristallisation in Magmaansammlungen in geringer Tiefe (10 bis 20 km) der Erdrinde (**vulkanischer Herd**) kommt es zu Gasentbindungen, durch die dem Magma der Weg nach der Oberfläche freigelegt wird. Den Vorgang des Magmaaustritts bezeichnet man als **Vulkanausbruch** oder **Eruption** (genauer Zentral- oder Schloteruption). Die vulkanischen Massen steigen durch einen Schlot, den **Eruptionsschlot**, auf, der sich am oberen Ende zu einer trichter- oder kesselartigen Öffnung, dem **Krater**, erweitert. Der Eruptionsschlot kann sich verzweigen und mehrere Krater speisen. Das von einem V. ausgestoßene Material besteht aus Gasen, flüssiger Lava, die zu Magma-

gesteinen (Vulkanite) erstarrt, und vulkanischen Lockermassen unterschiedlicher Größe, die in ihrer Gesamtheit die vulkanischen Tuffe bilden.

Man unterscheidet tätige, untätige und erloschene V.e. Erloschene V.e. haben ihre Tätigkeit völlig eingestellt. Untätige V.e. sind im Zustand vorübergehender Ruhe, z. B. der Vesuv vom 12. bis zum 15. Jh. Die meisten tätigen V.e. befinden sich in den Schwächezonen der Erdrinde längs der jungen Faltegebirge, z. B. in den Anden, auf den Antillen, in Japan und Indonesien. Gasaushauchungen aus V.en und ihrer Umgebung bezeichnet man als → Exhalationen. Vulkanischen Ursprungs sind auch Thermalquellen, und zwar → Geysire und Thermen (→ Quellen).

Vulkanfaser *f*, chemisch Zellulosehydrat, ein zäher, leichter, vielseitig verwendbarer, verschleißarmer und gut bearbeitbarer Werkstoff, der gezogen, geschnitten, geprägt, gedreht, gefräst, verleimt, gebogen, genietet und zerspannt sowie durch Imprägnieren wasserabweisend und geschmeidig gemacht werden kann. Die Produkte können von hornartig harter bis weicher flexibler, lederartiger Qualität sein. Es wird zwischen technischer V. und Kofferbiber unterschieden. Für die Kofferindustrie wird die V. lackiert und künstlich genarbt und erhält somit lederähnliches Aussehen. Als Rohstoff dienen Bahnen von Baumwolle oder von Papier aus reinem Zellstoff, die durch starke Schwefelsäure oder warme neutrale, etwa 70 %ige Zinkchloridlösung geführt werden (**Pergamentierung**); dabei tritt eine Quellung der Fasern ein. Nach dem Abpressen der überschüssigen Imprägnierlösung preßt man die Bahnen auf einer großen Wickelwalze zu mehreren Schichten bis zur gewünschten Dicke der V. durch den Druck einer zweiten, beheizten Gegendruckwalze zu einer homogenen Masse zusammen. Danach wird der so auf der Wickeltrommel entstandene Zylinder aufgeschnitten und in Platten gewünschter Größe zerlegt. Anschließend muß das Zinkchlorid oder die Schwefelsäure möglichst vollständig ausgewaschen werden.

V. wird in der Koffer-, Textil-, Automobil- und Elektroindustrie u. a. in Form von Folien, Platten oder Schaumstoffen verwendet.

Vulkanisation, → Kautschuk.

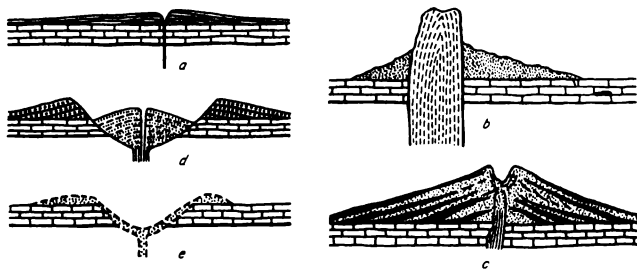
Vulkanismus, → Magma.

Vulkanit, swv. Ergußgestein, → Gestein.

VW, Abk. für Vorwähler, → Fernsprechen.

Vylan, Textilien (Unterwäsche, Jacken, Decken) aus PVC-Fasergarn mit schmerzlindernder Wirkung bei Rheumakranken infolge Aufladung des Faserstoffes mit statischer Elektrizität.

VZ, Abk. für → Verseifungszahl.



Vulkantypen (nach H. Schmidt, 1947): a Schildvulkan (aus gasarmer Lava gebildete Decken), b Stoßkuppe (Schlotpfropf), c Schichtvulkan (gemischte Lava- und Lockerstoff-Förderung), d Caldera (Kraterkessel) mit jüngeren Vulkankegel, e Explosions-trichter (durch Gasexplosion entstanden)

W, 1) Kurzz. für → Watt. 2) Symbol für → Wolfram. 3) Abk. für Westen. 4) **W**, Zeichen für → Energie. 5) **W**, Zeichen für → Arbeit.

Waage, ein Meßgerät zum Bestimmen der Masse. Die hauptsächlichen Bestandteile einer W. sind die **Auswägeeinrichtung** zum Feststellen des Wäageergebnisses bzw. zum Einstellen des gewünschten Massebetrages und das **Lasthebelwerk** bzw. der **Meßgrößenumformer** mit **Lastträger**, der die zu wägende Last aufnimmt, z. B. Lastschale, -haken, Brücke, Behälter.

Einteilung der W.n. Nach dem Meßprinzip unterscheidet man folgende W.n.: 1) W.n., bei denen ein Massevergleich durchgeführt wird. Solche W.n. sind **Hebelwaagen**. Diese werden nach der Auswägeeinrichtung wie folgt eingeteilt: a) **W.n. mit Lastschale und Wägestück**, z. B. einfache **Hebelwaagen**. Bei letzteren hängt an einer

Seite eines Hebels die Auswägeschale, an der anderen die Lastschale. Bei Gleichgewichtslage entspricht der Massewert der sich in der Auswägeschale befindlichen Wägestücke dem der Last. b) Bei **Laufgewichtswaagen** wird auf einem mit einer Skale versehenen Hebel ein Laufgewichtstück bis zum Erreichen der Gleichgewichtslage verschoben. c) Bei **Schalt- und Rollgewichtswaagen** werden in auf einem Hebel befindliche Kerben so viel Schaltgewichtstücke gesetzt bzw. Rollgewichtstücke gerollt, bis die Gleichgewichtslage erreicht ist. d) Bei **Neigungswaagen** erfolgt der Masseausgleich mit einem fest auf dem Neigungshebel angeordneten Neigungsgewichtstück, wobei über den Winkelausschlag dieses Hebels der jeweilige Massebetrag angezeigt wird.

2) W.n. bei denen Kraftwirkungen verglichen werden. Bei **Federwaagen** wird die Last über die elastische Verformung von Federn (Zug, Druck, Torsion) ermittelt. Bei **elektromechanischen W.n.** wird mittels → Kraftmeßdosens, die durch die Kraftwirkung der Last elastisch verformt werden, über die Änderung des elektrischen Widerstandes (Dehnmeßstreifen), der Induktivitäts-, der Kapazitäts-, der magnetischen Wirkungen oder der Eigenfrequenz der Massebetrag der Last bestimmt. Bei **hydraulischen und pneumatischen W.n.** ändert sich der in einem abgeschlossenen Flüssigkeits- bzw. Gasvolumen erzeugte Druck unter der Kraftwirkung der Last.

Nach dem Lastträger unterscheidet man **Brücken-, Behälter-, Kranhaken-, Bandwaagen** u. a. Bei **Brückenwaagen** ist gewöhnlich der Lastträger als Plattform (Brücke) ausgebildet, die oberhalb des Lasthebelerkes angeordnet ist. Gleicharmige oberhalbige Brückenwaagen bezeichnet man als **Faßelwaagen**, ungleicharmige Hebelwaagen mit einer Übersetzung von Wägestück zu Last von 1:10 als **Dezimalwaagen**. Bei **Behälterwaagen** ist der Lastträger als Behälter ausgebildet. Bei **Kranhakenwaagen** dient als Lastträger ein Kranhaken, bei **Bandwaagen** ein Förderband.

Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man z. B. **Personen-, Vieh-, Fahrzeugwaagen**. **Laborwaagen** werden eingeteilt in **Fein-, Präzisions- und hydrostatische W.n.** a) **Feinwaagen** zeichnen sich durch besonders hohe Genauigkeit aus. Sie sind ausgeführt als **Analysenwaagen** (Höchstlast meist 200 g, Skalenwert etwa $0,5 \cdot 10^{-3}$ bis $2 \cdot 10^{-5}$ mal Höchstlast), als **Halbmikrowaagen** (Höchstlast 50 oder 100 g, Skalenwert etwa $1 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-6}$ mal Höchstlast) oder als **Mikrowaagen** (Höchstlast meist 20 g, Skalenwert etwa $0,2 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ mal Höchstlast). b) **Präzisionswaagen** haben eine geringere Genauigkeit als Feinwaagen. c) **Hydrostatische W.n.** dienen zum Bestimmen der Dichte von Flüssigkeiten aus dem Auftrieb eines in die Flüssigkeit eingetauchten Senkkörpers.

Außer zum Bestimmen der Masse (**Wägen**) werden W.n. verwendet a) zum Abteilen eines bestimmten Massebetrages von einem größeren Massevorrat (Abwägen, Dosieren, Abfüllen). Diese W.n. arbeiten meist selbsttätig, d. h., das Wägegut wird, von der W. gesteuert, dieser selbsttätig zugeführt, durch sie abgeteilt und abgegeben (z. B. **Dosierwaagen, Absackwaagen**); b) zur Kontrolle; c) zur Sortierung nach Masse; d) zur Kraftbestimmung, z. B. bei Federprüf- und Drehmomentenmeßgeräten; e) zur Stückzahlermittlung durch Massevergleich (**Zählwaagen**), wobei eine größere unbekannte Anzahl Teile gleicher Einzelmasse über eine kleinere bekannte Anzahl Teile mit derselben Einzelmasse ermittelt wird. In Verbindung mit Fördereinrichtungen (Schwingrinnen, Schneckenförderer u. a.), Datenverarbeitungsanlagen (Druckwerke, Buchungsmaschinen u. a.) und Steuereinrich-

tungen (Programmgeber, Fernübertrager u. a.) sind W.n. ein wichtiges Automatisierungsmittel in fast allen Industriezweigen.

Waagepunkt, svw. → **Herbstopunkt**.

Wabenbauweise, Kernbauweise, in der Bautechnik eine Verbundbauweise, die aus dem Flugzeugbau übernommen wurde. Die Bauelemente bestehen aus einem Kern von wabenförmiger Struktur und aus beiderseits auf dem Kern aufgeklebten dünnen Deckschichten. Für die Kernschicht kommen im Bauwesen in erster Linie kunstharzimprägnierte Papierwaben in Betracht, als innere Deckschicht unter anderem Glast- oder Holzfaserhartplatten, als äußere Deckschicht vor allem Asbestbetonplatten. Die dreischichtige Platte ist als statisch Ganzes anzusehen und hat eine hohe Druck- und Zugfestigkeit. Die Wärmedämmung kann durch entsprechende Füllung der Wabenhohlräume erhöht werden. Mit Verbundplatten der Wabenbauweise werden z. B. Stahl- oder Stahlbetonskelettbauten verkleidet und Trennwände ausgeführt. Die Elemente können z. B. in 6000 mm Länge gefertigt werden.

Lit. Quas: Aufbau und Fertigung von Wabenplatten (Dresden 1963).

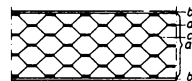
Wachsausschmelzverfahren, genauer Gießen nach dem W., ein Genauigkeitsverfahren zur Herstellung von Gießformen für den → Formguß. Das W. wendet man für kleine Massenteile von komplizierter Gestalt an. Für jedes spätere Werkstück wird durch Druckgießen ein Modell aus Hartwachs oder Kunstharz, z. B. Polystyrol, hergestellt. Die Modelle werden in flüssigen Formstoff getaucht und mit Quarzsand bestreut; danach trocknen sie an der Luft. Dies wird mehrmals durchgeführt, um die nötige Dicke der Form zu erreichen. Dann schmilzt man den Modellwerkstoff in einem Ausschmelzschrank aus der Form aus, so daß eine genaue einteilige Gießform entsteht. Zur Verwendung für Metalle mit hohen Schmelztemperaturen, z. B. Eisenmetalle, muß die Form noch gebrannt werden.

Lit. Allendorf: Präzisionsgießverfahren mit Ausschmelzmodellen (2. Aufl. Leipzig 1958).

Wachse, tierische und pflanzliche, fettähnliche Naturprodukte. W. im engeren Sinne bestehen hauptsächlich aus Estern höherer einbasiger Karbonsäuren (**Wachssäuren**) mit höheren einwertigen, bisweilen auch zweiwertigen Alkoholen (**Wachsalkohole**) und enthalten außerdem noch freie, langkettige, aliphatische Säuren, Ketone, Alkohole und Kohlenwasserstoffe. Unter W.n. im weiteren Sinne versteht man auch höhere feste Kohlenwasserstoffe, Erdwachs und Kohlenwasserstoffwachs der Fischer-Tropsch-Synthese. Die W. zeichnen sich durch einen bestimmten Erstarrungspunkt aus, sie sind knetbar, fest bis brüchig, hart, grob bis feinkristallin, transparent bis opak, leicht polierbar und zeigen stark temperaturabhängige Löslichkeit und Konsistenz.

Man kann die W. einteilen in: 1) pflanzliche W., z. B. Karnauba-, Palm-, Esparto-, Zuckerrohr-, Japan- und Myrtenwachs; 2) tierische W., z. B. Walrat, Bienen-, Schellack-, Woll- und Chinesisches Insektenwachs; 3) mineralische W., z. B. Montanwachs, das durch Extraktion bitumenreicher Braunkohle gewonnen wird, Torfwachs, Weich- und Hartparaffine, Vaseline, Braunkohlenparaffine und Erdwachs; 4) chemisch veränderte W.; 5) teilsynthetische W. und 6) vollsynthetische W. — W. werden vor allem von der Fußboden- und Lederpflegemittel-, ferner von der Papier-, Textil-, Kosmetik-, Schmierfett-, Kerzen-, Holzbearbeitungs-, Gummi- und Kabelindustrie verarbeitet.

Lit. E. Fischer u. Presting: Laboratoriumsbuch für die Untersuchung technischer Wachse, Harz- und Ölgemenge (3. Aufl. Halle 1958); Ivanovszky: Wachs-



Schnitt durch eine Bauplate in Wabenbauweise. a miteinander verklebte trapezförmige, gewellte Aluminiumfolien, b Deckblech (0,8 mm), c Aluminiumfolie, d Verleimung

Enzyklopädie, 2 Bde (Augsburg 1954 u. 1960); Včelák: Chemie und Technologie des Montanwachses (dtisch Prag 1954).

Wägestück, fälschlich **Gewicht** genannt, ein Körper festgelegter Gestalt, dessen Masse gestaffelt ist nach $1 \cdot 10^3$, $2 \cdot 10^3$, $5 \cdot 10^3$ und der die Masseinheiten sowie deren Vielfache und deren Teile verkörpert und zum Bestimmen der Masse anderer Körper dient. W.e müssen in ihrer Ausführung den Eichvorschriften entsprechen. Nach der Gestalt unterscheidet man Plättchenwägestücke, Reiterwägestücke, W.e in Quaderform (Blockwägestücke), W.e von der Form eines geraden Kreiszylinders, W.e von der Form eines nach unten verjüngten Kegelstumpfes, W.e in Rollenform, Ringwägestücke, Anhängewägestücke. Nach den Fehlergrenzen werden unterschieden Handelswägestücke, Präzisionswägestücke, Feinwägestücke. Zur Prüfung von Wägestücken werden Normalwägestücke benutzt. Unterschied: → Gewichtstück.

Wägezelle eine Auswägeeinrichtung mit Meßgrößenumformer, z. B. mit Kraftmeßdose.

Waggonkipper, → Kipper 2).

Wagnerscher Hammer, ein → Unterbrecher.

Wahrscheinlichkeit, 1) Mathematik: die quantitative Abschätzung der Möglichkeit für das Eintreten eines zufälligen Ereignisses, d. h. eines bestimmten Ereignisses, das unter gegebenen Bedingungen entweder eintreten oder nicht eintreten kann. In der „klassischen“ Definition wird die W. W bezüglich des Eintretens eines Ereignisses E als das Verhältnis $W(E)$ der Anzahl g aller günstigen Fälle zu der Anzahl m aller gleichmöglichen Fälle bezeichnet: $W(E) = \frac{g}{m}$. Die W. eines beliebigen Ereignisses liegt zwischen 0 und 1; $W(E) = 0$ bedeutet die Unmöglichkeit, $W(E) = 1$ die Gewißheit (Sicherheit, Notwendigkeit) des Ereignisses. Zum Beispiel ist die W., mit einem (ideal homogen gedachten) Würfel eine Vier zu werfen, $W(E) = \frac{1}{6}$, da $g = 1$, $m = 6$ ist. Diese Definition der W., die auf Untersuchungen über Gewinnchancen beim Glücksspiel zurückgeht, erwies sich jedoch für die Lösung komplizierterer Probleme, wie sie infolge der Weiterentwicklung der Naturwissenschaften auftraten, als unzureichend. Das gilt besonders für Aufgaben, bei denen unendlich viele mögliche Fälle denkbar sind oder die einzelnen Fälle nicht gleichmöglich sind. Diese Schwierigkeiten suchte man durch die statistische Definition der W. zu überwinden, worin die W. eines Ereignisses im Zusammenhang mit der Häufigkeit seines Eintretens betrachtet wird. Tritt bei n Beobachtungen (Versuchen) ein Ereignis a mal ein, so ist $\frac{a}{n}$ seine relative Häufigkeit. Nach dem → Gesetz der großen Zahl nähert sich mit wachsendem n der Bruch $\frac{a}{n}$ einem Grenzwert, der dann als W. für das Eintreten des Ereignisses bezeichnet wird: $W(E) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a}{n}$. Diese Definition der W. ist zwar der klassischen überlegen, weist aber insofern noch Mängel auf, als sie sich nur auf Beobachtungsergebnisse bezieht und die formal-mathematische Seite vernachlässigt. Die immer höheren Anforderungen, die infolge der Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik an die Wahrscheinlichkeitsrechnung gestellt wurden, machten schließlich weitere systematische Untersuchungen über die Grundbegriffe und die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung nötig und führten zu der modernen axiomatischen Definition der W. und dem axiomatischen Aufbau der Wahrscheinlichkeits-

rechnung, wie sie vor allem von sowjetischen Mathematikern entwickelt wurde. A. N. Kolmogorow legt in seiner axiomatischen Begründung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs sowohl die klassische als auch die statistische Definition zugrunde unter Einbeziehung der modernen Mengenlehre, der Funktionalanalysis und der Maßtheorie.

2) Physik: die Zahl der Möglichkeiten, durch bloße Vertauschung von gleichen Molekülen untereinander ein und denselben makroskopischen Zustand eines Systems herzustellen. Diese thermodynamische W. stellt also nur den Zähler des Wahrscheinlichkeitsbruchs nach 1) dar und ist eine sehr große Zahl; sie ist die grundlegende Größe beim Aufbau der statistischen Thermodynamik nach Planck (2. Hauptsatz). Demgegenüber wird in der Physik auch der mathematische Wahrscheinlichkeitsbegriff nach 1) sehr häufig verwendet, und zwar zur Ausgleichung von Meßfehlern (→ Ausgleichsrechnung), in der kinetischen Gastheorie u. a.; von grundlegender Bedeutung ist er in der Quantenmechanik.

Wahrscheinlichkeitsrechnung, ein wichtiges Teilgebiet der Mathematik, das die Gesetzmäßigkeiten zufälliger Ereignisse im Zusammenhang mit Massenerscheinungen untersucht und durch den Begriff der mathematischen → Wahrscheinlichkeit quantitativ erfaßt. Sie steht in enger Verbindung mit vielen anderen Zweigen der Mathematik und wird in vielen Bereichen der Naturwissenschaften, der Technik und der Ökonomie angewendet.

Walfang, die Erbeutung von Walen (besonders Blau-, Pott- und Finnwale) durch Töten mittels Harpunen während des Atmens an der Wasseroberfläche. Der Küstenwalfang wird mit kleinen Fangbooten in Küstennähe betrieben, die Verarbeitung erfolgt in speziellen Landstationen (etwa 20 % des Gesamtwalfanges); der Hochseewalfang wird mit autonomen Walfangflotten betrieben, die aus einem Walfangmutterschiff und 3 bis 16 Fangbooten bestehen.

Die Walfangboote sind navigatorisch gut ausgerüstet und haben eine Größe von 500 bis 650 BRT und eine Besatzung von 15 bis 20 Mann; die Antriebsleistung beträgt 2300 bis 2900 PS, die Geschwindigkeit 16 sm/h (Seemeilen/Stunde), der Aktionsradius 7500 sm. Die Ortungsanlagen bestehen aus dem Mastkorb zur visuellen Ortung, einem Echolot (Horizontaltorlung) und vielfach einer Walscheuchanlage. Diese beruht auf der Scheuchwirkung verschiedener Ultraschallfrequenzen. Am Kiel angebrachte Schwingergruppen werden so geschaltet, daß ein georteter Wal in eine Gasse zwischen zwei Schallstrahlen gebracht, zur Geradausflucht gezwungen und vom Fangboot eingeholt wird. Die Wirkungsweite beträgt etwa 4 sm. Auf dem erhöhten Vorschiff (Back) des Walfangbootes ist die Harpunenkanone aufgestellt; ihr Kaliber beträgt 90 mm, die Rohrlänge 1,5 m, die maximale Schußweite 80 m. Mit der Harpunenkanone werden im allgemeinen Granatharpunen mit einer Länge von 1,85 m und einer Masse von 70 kg verschossen. Die Harpune ist über Vorläufer an der etwa 1000 m langen Walleine befestigt. Neuerdings werden in steigendem Maße Elektroharpunen verwendet, denen nach dem Auftreffen Wechselstrom (220 V, 50 Hz, 35 bis 100 A) zugeführt wird. Die Elektroharpune tötet auch bei schlechten Schüssen zuverlässig und human, verhindert Walverluste und spart Fangzeit. Außerdem werden Granatsplitter im Walkörper vermieden.

Die erlegten Wale werden mit Druckluft aufgepumpt, um das Absinken zu verhindern, durch eine Fahne oder eine → Funkpeilboje kenntlich gemacht und treiben gelassen. Von den Fangbooten oder speziellen Walschleppern werden sie dann zum Walfangmutterschiff gezogen, falls dieses die Wale nicht selbst aufsucht. Die Wal-

fangmuttersschiffe (Fabriksschiffe oder Kochereien von 15000 bis über 30000 BRT) besitzen Heckaufschleppe, durch die die Wale mittels Winden auf Deck gezogen werden, ferner technische Einrichtungen (Winden, Dampfsägen u. a.) zur restlosen Verwertung des Wales (verarbeitet werden Speck, Knochen, Pottwalöl, Fleisch, Blut, Sehnen, Haut, Barten, innere Organe und Ambra). Ferner sind Walfangmuttersschiffe mit Einrichtungen zur Lagerung der Produkte und zur technischen, medizinischen und kulturellen Versorgung der Fangschiffe versehen. Die Besatzung beträgt 300 bis 400 Mann, die Aktionszeit 8 bis 10 Monate, die Ladekapazität 10000 bis 20000 t, die Verarbeitungskapazität 20 bis 60 Wale/24 Stunden.

Die Verbesserung der Fang- und Verarbeitungstechnik und die vielfach betriebene rücksichtslose Ausbeutung führten zu einem Bestands- und Fangrückgang und bedingten internationale Abschlußbeschränkungen.

Lit. Schubert: Walfang der Gegenwart (Stuttgart 1956).

Walken, 1) Textiltechnik: ein Verfahren der Textilveredlung, das Verfilzen von Wolle oder von durch Beizen verfilzbar gemachten Haaren. Das W. erfolgt in **Walkmaschinen** (Hammer-, meist Zylinderwalke). Das mit neutraler, alkalischer oder saurer, warmer Walkflüssigkeit angefeuchtete Material wird einem andauernden Drücken und Stauchen unterworfen, wobei die Fasern verfilzen (→ Filz). Beim W. werden die Stoffe schmaler und kürzer (**Einwalken**). Das W. ist erforderlich beim Herstellen von Filz (Walkfilz) und zur Erzeugung von Tuch aus Streichgarngewebe.

2) Fertigungstechnik: → Richten.

Walkerde, → Bentonit.

Walzdrücken, → Drücken.

Walze, 1) ein zylinderförmiger Körper, z. B. **Streckwalze** zum Strecken bildsamer Stoffe, **Brechwalze** zum Zerkleinern von Steinen, **Transportwalze** zum Fortbewegen von Gegenständen. Die **Richtwalze** dient in besonderer Anordnung zum Richten verbogener Bleche und ähnlichen Materials.

2) ein Bodenbearbeitungsgerät für Gespann oder Traktor. Nach der Bauart unterscheidet man **Rauh-** und **Glattwalzen**. a) **Rauwalzen**, ausgebildet als Ringel-, Cambridge-, Croskill- oder Sternwalzen, sind Ackerwalzen und dienen zur Saatbettbereitung. Die **Ringelwalze** besteht aus mehreren keilförmigen, scharfkantigen Ringen, die untereinander fest verschraubt oder einzeln drehbar auf einer Achse angeordnet sind. Bei der **Cambridgewalze** ist jeweils zwischen zwei glatten, meist auf einer drehbaren Achse befestigten Ringelscheiben eine stark verzahnte Scheibe beweglich angeordnet. Die **Croskillwalze** besteht aus lose auf einer Achse angeordneten Scheiben, an deren beiden Seiten Zähne hervorstehen. Bei der **Sternwalze** haben die Scheiben einen sternförmigen Umriß.

Rauwalzen werden meist mehrteilig gebaut, oder es laufen zwei Walzenkörper hintereinander in einem Rahmen.

b) Die **Glattwalzen** dienen zur Saatbettbereitung (**Acker-, Saatwalzen**) sowie Wiesen- und Moorbearbeitung (Wiesen-, Mooralwalzen) und bestehen meist aus einem Stahlblechmantel, der zum Erreichen des notwendigen hohen Druckes mit Wasser, Sand oder Torfmüll gefüllt wird. Vereinzelt werden sie auch aus Beton oder Holz hergestellt.

Der walzenartig wirkende **Krumenpacker** (**Bodenpacker**, **Untergrundpacker**) hat schmale, meistens gezahnte Räder, die tief in den Boden einschneiden und die unteren Krumenschichten festigen.

3) eine Baumaschine, → Straßenwalze.

Walzen (Tafel 28), in der Fertigungstechnik Sammelbezeichnung für solche Verfahren des Urfomens, Umformens und Fügens, die mit Hilfe rotierender zylindrischer, kegelförmiger oder scheibenförmiger Werkzeuge (→ Walze) mit glatter oder profilierter Oberfläche vorgenommen werden. Durch W. werden vor allem bildsame Werkstoffe gestreckt, z. B. Metallblöcke zu Blech, Profilen oder Rohren ausgewalzt (→ Walzwerk), in manchen Fällen auch gestauch, gerichtet (z. B. in Richtwalzen), gepreßt (z. B. Papier und Gewebe im Kaland), auch Plaste zu → Folien ausgewalzt, Metallflächen durch Polierdrücken, → Polieren, → Glattwalzen oder Polierwalzen geglättet, oder besonders geformt (z. B. beim Gewindewalzen). Die vielseitige Anwendung des W.s ergibt sich aus der Doppel-funktion der Walze als Druckwerkzeug und Transportelement.

Lit. Wusatowski: Grundlagen des W.s (dtsch Leipzig 1963); → Walzwerk.

Walzenbrecher, eine Maschine zum Grobzerkleinern von weichen bis mittelharten Stoffen, z. B. von Erzen, Koks, Salzen. Sie besteht meist aus zwei gegenläufigen gezahnten Walzen mit gleicher oder unterschiedlicher Umfangsgeschwindigkeit. Das Zerkleinern erfolgt vorwiegend durch tangentialen Zerquetschen zwischen den beiden Walzen.

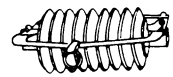
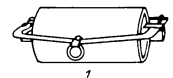
Dem W. ähnelt der → Walzenstuhl.

Walzenmühle, sw. → Walzenstuhl.

Walzenschrümlader, im Bergbau eine Gewinnungsmaschine mit walzen-, schrauben- oder schneckenförmigem, rotierendem Gewinnungsorgan, das mit Radial- oder Tangentialmeißel bestückt sein kann. Der W. wird in Verbindung mit einem Ladeorgan (Räumer) oder ohne Ladeorgan mit zwei oder mehreren Walzen zum Gewinnen in zwei Richtungen eingesetzt. Man benutzt ihn im Steinkohlen-, Kali- und Erzbergbau bei zu gewinnendem Gestein bis zu mittlerer Festigkeit.

Walzenstuhl, **Walzenmühle**, eine Zerkleinerungsmaschine mit stuhlförmigem Gehäuse. Der W. dient besonders zum Feinmahlen weicher Stoffe, z. B. Getreide, Hülsenfrüchte, Kaffee, aber auch Salz und Zucker. Bei den meist verwendeten **Doppelwalzenstühlen** fällt das Gut — in der Breite gleichmäßig verteilt — zwischen zwei Hartguß- oder Stahlwalzen, die mit unterschiedlicher Geschwindigkeit laufen. Über ihrem Mantel sind sägezahnartige Einkerbungen (Riffeln) schraubenlinienförmig verteilt, so daß das Gut in den Mahlpalt gezogen wird. Bei Körnern wird hierbei die Schale aufgeschert und der Mehlkörper herausgestreift. In bis zu 30 Durchgängen (Passagen), zwischen denen → Plansichter das Gut jeweils in Schrot, Gries, Dunst und Mehl trennen, wird das Korn auf Schale (Kleie) und Mehl verarbeitet. Schrot ist das abgeseigte, grob zerkleinerte, zur weiteren Vermahlung bestimmte Mahlgut. Gries sind die von der Schale befreiten Mehlkörperchen mit einem Durchmesser von 0,2 bis 1,5 mm. Als Dunst werden alle in der Feinheit zwischen Gries und Mehl liegenden Mahlprodukte bezeichnet. Das Schroten erfolgt auf Walzenstühlen mit geriffelten Walzen (**Schrotstühle**). Das Ausmahlen der Gries geschieht je nach der Art des Stoffes auf Walzenstühlen mit glatten Hartguß- oder Porzellanwalzen (**Ausmahlstühle**). Bei glatten Walzen können durch Pressung Mehlplättchen entstehen, die in Auflösen (Detacheuren) zwischen Walzen oder Scheiben wieder aufgelockert werden und dann sichtfähig sind. Mit Hilfe geschliffener Walzen, die mit gleicher Geschwindigkeit laufen, kann man Körner zu Flocken quetschen.

Wälzhebelgetriebe, die Grundform der Kurvengetriebe. Das W. besteht aus dem → Steg (fest-



Walzen: 1 Glattwalze, 2 Ringelwalze, 3 Cambridgewalze

stehend) und zwei Gliedern, die sich in einem unselbständigen → Elementenpaar, dem Wälzgelenk, mit dem Freiheitsgrad 2 berühren. Besondere Wälzkurven, die aufeinander abrollen, ohne zu gleiten, sind die Zahnflanken an Zahnradern. W. werden bei Wälzhebel- und Schwingdaumensteuerungen verwendet.

Wälzkolbenpumpe, → eine Vakuumpumpe.

Wälzmühle, Ringmühle, eine Maschine zum Feinzerkleinern von Kohle, Düngemitteln, Kalkstein u. a. Auf ringförmigen Mahlbahnen, die zylindrisch, schüssel- oder kegelförmig ausgebildet sind, wälzen sich Mahlkörper ab und zerkleinern das Mahlgut durch Druckbeanspruchung und Scherung. Als Mahlkörper dienen Walzen, Kugeln oder Kegeln, der Mahldruck wird durch Schwerkraft, Fliehkräfte oder Federkräfte hervorgerufen.

Walzschmieden, sw. → Reckwalzen.

Walzstoßen, → Hobeln 2).

Walzwerk, 1) ein Betrieb, in dem Halbzeuge (z. B. Knüppel, Brammen) aus formbaren Metallen und Metalllegierungen durch → Walzen zu Blechen, Bändern, Profilen, Rohren und Drähten umgeformt werden.

Das Walzen wird auf einem **Walzgerüst** vorgenommen (Tafel 27). Es besteht aus einem **Ständer**, in dem zwei oder mehr **Arbeitswalzen** sowie gegebenenfalls **Stützwalzen** gelagert sind. Die Arbeitswalzen werden durch einen Elektromotor oder eine Dampfmaschine, angetrieben und rotieren (außer beim Schrägwalzen von Rohren aus Vollkörpern) gegenläufig. Sie bestehen aus Hartguß, Grauguß oder Stahl und haben zur Herstellung von Blechen und Bändern eine glatte Oberfläche, zur Herstellung von Profilen, z. B. Eisenbahnschienen, entsprechend geformte → **Kaliber (Kaliberwalzen)**. Vielfach werden sie während des Walzvorganges mit Wasser gekühlt. **Rollgänge** vor und hinter dem Walzgerüst transportieren das Walzgut.

Walzgerüstarten. Beim **Duowalzgerüst** ist die Unterwalze fest gelagert, und die Oberwalze kann je nach der Dicke des geforderten Walzgutes in der Höhe verstellt werden. Das Walzgut wird von den mit stets gleichbleibender Drehrichtung umlaufenden Arbeitswalzen erfaßt, in den Walzspalt gezogen und dabei gestreckt. Das geschieht so oft, bis die gewünschte Dicke oder Form erreicht ist, wobei man den Walzspalt vor jedem neuen Stich (Durchgang) verkleinert und das Walzgut über die Oberwalze zurückführt (**Umführ-Duowalzgerüst**, Abb. 1a). Beim **Umkehr-Duowalzgerüst** (Abb. 1b) werden beide Walzen angetrieben; ihre Drehrichtung läßt sich nach jedem Stich ändern. Dadurch kann das Walzgut nach dem Hingang sofort durch das Walzgerüst zurücklaufen, so daß tote Wege vermieden werden. Das **Triowalzgerüst** (Abb. 1c) hat drei übereinander gelagerte Walzen, Ober- und Unterwalze sind meist elektrisch oder hydraulisch verstellbar. Das Walzgut wird zwischen Unter- und Mittelwalze vorgewalzt, durch eine Wippe oder einen Umlaufbogen gehoben und beim Rückwärtsgang zwischen Mittel- und Oberwalze weiter gestreckt. Das **Doppel-Duowalzgerüst** ist mit zwei übereinander angeordneten Walzenpaaren ausgerüstet, das **Vierwalzengerüst (Quartowalzgerüst)** mit zwei dünneren Arbeits- und zwei dicken Stützwalzen u. a. Außer Gerüsten mit waagrecht angeordneten Walzen gibt es auch Senkrechtgerüste. Beim **Platzer-Planeten-W.** sind auf einem konzentrischen Kreis Arbeitswalzen angeordnet, die um eine Stützwalze umlaufen. Dadurch sind sehr große Stichabnahmen zu erreichen.

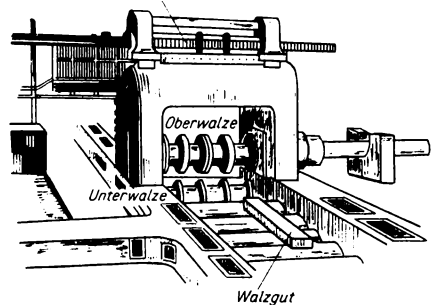
Die Zusammenfassung mehrerer Walzgerüste nennt man **Walzstraße**. Je nachdem, ob sie ein Halbfertig- oder Fertigprodukt liefert, spricht man von Vor- oder Fertigstraße. Mitunter um-

faßt eine Walzstraße auch Vor- und Fertiggerüste. Während auf einer normalen Walzstraße die Gerüste beliebig angeordnet sein können, stehen sie auf einer **kontinuierlichen Walzstraße** hintereinander, und das Gut läuft gleichzeitig durch mindestens zwei, oft durch mehr Gerüste. Jedes folgende Walzgerüst läuft so viel schneller, daß es das vom vorhergehenden gestreckte Material ohne Stauung weiterverarbeiten kann. Eine Breitbandstraße mit 4 Vor- und 6 Fertiggerüsten ist z. B. etwa 300 m lang und 50 m breit; sie walzt aus einer Bramme von 4 bis 5 m Länge, 1,25 m Breite und 7,5 cm Dicke in etwa 80 s ein 250 m langes Stahlband von 1,5 m Breite und 1,25 mm Dicke. Nach der Dicke des Erzeugnisses bezeichnet man die Walzstraßen auch als Fein-, Mittel- und Grobstraßen, ferner benennt man sie nach dem ideellen Walzendurchmesser und nach dem Verwendungszweck. Block- und Brammenstraßen bestehen nur aus einem Gerüst.

Das Walzen erfolgt im allgemeinen durch Warmumformen, z. T. aber auch durch Kaltumformen (→ Kaltwalzen).

Warmwalzen von Stahl. Ausgangsmaterial sind durch Kokillenguß (→ Gießen) hergestellte Blöcke sowie gegossene Rohbrammen. Sie werden in Tief- oder Stoßöfen (→ Wärmeöfen) auf Walztemperatur (800 bis 1200 °C) gebracht. Die Blöcke werden in einem **Blockwalzwerk** (Abb. 2) auf einer aus einem Gerüst bestehenden **Blockstraße** auf einen der Weiterverarbeitung entsprechenden Ausgangsquerschnitt gewalzt. Mit einer Schere unterteilt man sie danach in Knüppel (für Stabmaterial), Brammen (für Mittelbleche und Bänder), Platinen (für Feinbleche) u. a. bestimmter Länge, die in Wärmeöfen wieder auf Walztemperatur erhitzt und dann auf weiteren Vor- und Fertiggerüsten zum Endprodukt ausgewalzt werden.

Traverse zum Verstellen der Oberwalze



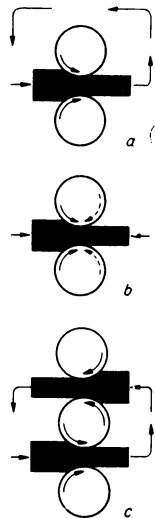
2 Blockwalzwerk (Duowalzgerüst)

Die vom Stahlwerk gelieferten Rohbrammen werden auf einer **Brammenstraße** zu Grobblech ausgewalzt. Die Brammenstraße besteht ebenfalls nur aus einem Gerüst.

Die Dicke von Knüppeln, Blechen und Bändern wird von einem Zeiger laufend auf einer Skala angezeigt, die am Walzgerüst angebracht ist. Neuerdings mißt man sie auch mit Hilfe von Radionuklid- und einer entsprechenden Strahlungsmeßeinrichtung. Es läßt sich dabei eine Genauigkeit bis auf 1/1000 mm erreichen. Bei Abweichungen von dem Sollwert werden die Walzen von der Anlage automatisch verstellt.

Rundstahl wird auf Walzen hergestellt, deren Kaliber sich von der Vorform (Knüppel) bis zur Fertigform verengt. Mitunter ist diese Kaliberfolge jedoch auch auf mehrere Walzgerüste verteilt.

Draht wird hergestellt, indem man einen Block auf einer Vorstraße zunächst zu einem Stab (Knüppel) und diesen dann auf einer oder mehreren Fertigstraßen zum Endprodukt streckt,



1 Arten von Walzgerüsten:
a Umführ-Duowalzgerüst,
b Umkehr-Duowalzgerüst,
c Triowalzgerüst

wobei das Material mit D-Zug-Geschwindigkeit durch die Walzgerüste läuft und am Ende, noch in heißem Zustand, zu Bündeln aufgewickelt wird.

Über die Einrichtung von Rohrwalzwerken (Schräg-Pilgerschritt-, Stopfen-, Reduzierwalzwerk u. a.) → Rohr.

Im Anschluß an das Walzen wird das Walzgut mitunter noch gerichtet und auf Länge zugeschnitten (in der Zurichterei oder Adjustage), mit Wärme nachbehandelt, gebeizt, sortiert usw.

2) Bezeichnung für die Anlage zum Walzen von Metallen und Metallegierungen, d. h. das Walzgerüst und sein Antrieb.

Lit. Geleji: Walzwerks- und Schmiedemaschinen (2. Aufl. Berlin 1961); Kulbatschny: Maschinelle Ausrüstung von W.en (dtshc Berlin 1954); Neumann: Grundlagen der Walzwerktechnik und Kalibrierung (Leipzig 1954); Saroschtschinski: Walzstraßen (dtshc Berlin 1954); Tschishikow: Walzwerkswesen (dtshc Berlin 1954); Zelikow: Hilfsmaschinen der Walzstraßen (dtshc Berlin 1955), Lehrb. des Walzwerksbaus (dtshc Berlin 1957); → Walzen.

Wälzwiderstand, svw. rollende → Reibung.

Wandbauplatten, → Bauplatten.

Wandelstern, svw. → Planet.

Wandfeldröhre, eine → Lauffeldröhre.

Wandertisch, ein → Gliederbandförderer.

Wanderungsgeschwindigkeit, die Geschwindigkeit, mit der Ionen eines Elektrolyten in einem elektrischen Feld wandern. Sie ist vor allem von der Feldstärke $\epsilon = U/l$ [$V\text{ cm}^{-1}$] abhängig, wobei U = Spannung, l = Abstand zwischen den beiden (parallelen) Elektroden. Die Strecke, die die Ionen dabei in Richtung des Feldes innerhalb einer Sekunde zurücklegen, bezeichnet man als W [cm s^{-1}]. Die wirkliche W der Ionen ist jedoch größer als die gemessene, da sich die Ionen nicht geradlinig auf die Elektroden zu bewegen, sondern infolge der gegenseitigen Zusammenstöße und der Zusammenstöße mit den Lösungsmittelmolekülen Zickzackbewegungen ausführen. Die auf die Einheitsfeldstärke 1 Volt je cm [$V\text{ cm}^{-1}$] bezogene W wird **Ionenbeweglichkeit** genannt $\nu = u/\epsilon$ [$\text{cm}^2\text{ s}^{-1}\text{ V}^{-1}$]. Das Produkt aus Ionenbeweglichkeit und Faraday'scher Konstante bezeichnet man als **Ionenleitfähigkeit** oder **Ionenäquivalentleitfähigkeit**: $l = \nu F$ [$\text{cm}^2\Omega^{-1}$]. Da Anionen und Kationen mit verschiedener Geschwindigkeit wandern, muß sich die Leitfähigkeit eines Elektrolyten aus den Einzeileitfähigkeiten der Ionen zusammensetzen.

Wandervellen, plötzliche Spannungs- und Stromstärkeerhöhungen, die sich längs elektrischer Leitungen wellenartig ausbreiten. Die W . entstehen infolge atmosphärischer Entladungen (direkte Blitzeinschläge in Leitungen, Abfließen von auf einer Leitung durch eine Gewitterwolke hervorgerufener Influenzladung nach Entladung der Wolke) oder durch Schaltvorgänge (Ladungsausgleich beim Ein- oder Ausschalten einer langen Leitung). W . gefährden die Wicklungen elektrischer Maschinen (Transformatoren), deren Isolierung sie durchschlagen und damit zerstören können.

Wandler, 1) → Transformator. 2) → Meßwandler. 3) → magnetohydrodynamischer Generator. 4) → elektroakustische Wandler.

Wankelmotor, ein → Rotationskolbenmotor.

Wanne, → Becken.

Wannenofen, ein Ofen zum Glasschmelzen, → Glas.

Want n , ein Drahtseil zur Abspannung von Masten querschiffs. W .en sind oft durch Webeleinen zu Strickleitern verbunden. Unterschied: → Stag.

Warburgsches Atmungsferment, → Oxydase.

Warenzeichen, ein in einem besonderen Register eingetragenes Zeichen, das die Aufgabe hat, ein vom Inhaber hergestelltes oder vertriebenes Produkt so zu kennzeichnen, daß es von

Waren anderer Betriebe unterschieden werden kann. Ein W . muß unterscheidungskräftig sein, d. h., es muß solche kennzeichnenden Merkmale besitzen, daß es den Käufern einprägsam in Erinnerung bleibt. Allein der Inhaber des W .s hat das Recht, Waren der registrierten Art mit dem jeweiligen W . zu versehen und in Verkehr zu bringen. Zuwiderhandelnde sind schadenersatzpflichtig. Neben dieser Schutzwirkung besteht der Wert des W .s darin, daß es dem Käufer zu einem Inbegriff der Güte eines Produktes wird; dem Produzenten erwächst daraus die Verpflichtung, für eine gleichbleibende Qualität seiner Waren zu sorgen. W . können aus Worten, Bildern, aus Kombinationen derselben sowie aus meist mehrfarbigen Kennfäden (für Kabel) bestehen.

Der Antrag auf Eintragung eines W .s muß beim Amt für Erfindungs- und Patentwesen gestellt werden, das auch das **Warenzeichenregister** führt. Wird das angemeldete W . für eintragungsfähig befunden, erfolgen seine Eintragung im Warenzeichenregister und die Veröffentlichung im **Warenzeichenblatt**. Die Schutzdauer beträgt 10 Jahre; diese kann auf Antrag beliebig oft um die gleiche Zeit verlängert werden.

Internationaler Markenschutz. Die für die Registrierung international geschützter W . geltenden gesetzlichen Grundlagen sind das **Madrid Markenabkommen** vom 14. 4. 1891 und seine Ausführungsordnung. Beide basieren auf der **Pariser Verbandsübereinkunft zum Schutz des gewerblichen Eigentums** vom 20. 3. 1883, revidiert unter anderem in London am 2. 6. 1934 und in Lissabon am 31. 10. 1958. Die Abkommen enthalten unmittelbar geltendes materielles Recht, organisatorische Bestimmungen und Richtlinien für die nationale Gesetzgebung der Verbandsländer auf dem Gebiet des Patent-, Warenzeichen-, Gebrauchsmuster- und Geschmacksmusterrechts. Das Madrider Markenabkommen, dem nur Mitgliedsstaaten der Pariser Verbandsübereinkunft angehören können, regelt die einheitliche Registrierung von Marken an einer zentralen internationalen Stelle und legt die Rechte fest, die sich aus dieser internationalen Registrierung in den Mitgliedsstaaten ergeben. Das Internationale Büro zum Schutze des gewerblichen Eigentums hat seinen Sitz in Genf und trägt — da es mit dem Büro für internationalen Urheberrecht vereinigt ist — den Namen „Bureaux internationaux réunis de la propriété industrielle, littéraire et artistique“, abg. BIRPI. Bei diesem Büro kann jede in einem Mitgliedsstaat eingetragene Marke von dem nationalen Patent- oder Markenamt der Mitgliedsstaaten zur internationalen Registrierung angemeldet werden. Mit dem Zeitpunkt der Registrierung ist die Marke grundsätzlich in allen Mitgliedsstaaten des Madrider Markenabkommens für 20 Jahre geschützt. Dem Madrider Markenabkommen gehören folgende Staaten an; Algerien, Belgien, CSSR, Deutsche Demokratische Republik, Frankreich, Italien, Jugoslawien, Liechtenstein, Luxemburg, Marokko, Monaco, Niederlande, Österreich, Portugal mit Azoren und Madeira, Rumänien, San Marino, Schweiz, Spanien, Südvietnam, Tunesien, Ungarn, VAR, Westdeutschland. Nachdem die Voraussetzungen für die Wiederanwendung der internationalen Abkommen auf dem Gebiet des gewerblichen Rechtsschutzes in der DDR durch die Verabschiedung des Patent-, Gebrauchsmuster- und Warenzeichengesetzes geschaffen worden waren (Warenzeichengesetz vom 17. 2. 1954, GBl der DDR Nr. 23, S. 216), hat die Regierung der DDR durch ein Memorandum vom 18. 5. 1955 die Wiederanwendung der Bestimmungen dieser Abkommen erklärt und dazu am 15. 3. 1956 eine Verordnung erlassen (Verordnung über die

Wiederanwendung der Bestimmungen der Pariser Verbandsvereinbarung zum Schutze des gewerblichen Eigentums und ihrer Nebenabkommen, GBl der DDR Teil I Nr. 32, S. 271).

Kennzeichnung von W. durch ®: Die zusätzliche Kennzeichnung von Marken oder W. durch ® bedeutet ganz allgemein, daß es sich bei der Bezeichnung um ein eingetragenes (englisch registered) W. handelt. Auch der Inhaber eines Zeichens in seinem Heimatland eingetragenen Zeichens ist berechtigt, seine W. auf diese Art zu kennzeichnen. Diese Art der Kennzeichnung entstammt dem amerikanischen Warenzeichenrecht. Sie hat in den letzten Jahren auch in anderen Ländern Eingang gefunden. In jüngster Zeit werden auch in der DDR W. mit einem ® versehen, z. B. Dederon ®, Wolpryla ®.

Wärme, eine Energieform, nach der heutigen Erkenntnis die Energie der ungeordneten Bewegung (→ Brownsche Bewegung) der kleinsten Teilchen (Atome und Moleküle) der Körper. — Erfolgt die Bewegung der Teilchen jedoch geordnet, z. B. in einem Teilchenstrahl, so setzt sich die Gesamtenergie zusammen aus der Wärmeenergie und der mechanischen Energie der Bewegung im Strahl. — Einen Körper erwärmen heißt, die Energie der ungeordneten Bewegung seiner Moleküle zu steigern. Man bezeichnet die auf diesen Vorstellungen beruhende Theorie, die sich auf die Forschungen von Robert Mayer, Joule, Boltzmann, Clausius, Helmholtz stützt, als *kinetische* oder *mechanische Wärmetheorie*. Einheiten der W. sind → Joule, → Kalorie, → Wattsekunde und → Newtonmeter. Thermodynamisch genauer bezeichnet man die einem Körper innewohnende Wärmeenergie als *innere Energie* (Zeichen U). Ein Maß für die innere Energie ist in erster Linie die Temperatur des Körpers. Mit Temperaturänderungen sind aber sekundär Volumen-, Dichte- oder Druckänderungen verknüpft; dies wird beim Messen von Temperaturen ausgenützt, → Thermometer. Die Wärmezufuhr führt bei einer kritischen Temperatur zum Übergang in einen anderen → Aggregatzustand. Zur Umwandlung von einem energieärmeren in einen energiereicheren Aggregatzustand wird die → Umwandlungswärme verbraucht, ohne daß während dieses Vorgangs die Temperatur ansteigt. Bringt man Körper verschiedenen Wärmezustandes in Berührung, so erfolgt → Wärmeübertragung. Die W., die in Körpern gleicher Temperatur enthalten ist (**Wärmeinhalt**), kann sehr verschieden sein, da sie von der Masse und der → spezifischen Wärme der Körper abhängig ist.

Die innere Energie eines Körpers kann sich in verschiedener Weise ändern: a) durch Arbeitsleistung (Volumenarbeit, Oberflächenarbeit, elektrische Arbeit), b) durch Berühren des Körpers mit einem zweiten von anderer Temperatur, → Wärmeleitung, c) durch Umwandlung der inneren Energie in elektromagnetische Wellen, die abgestrahlt werden, → Wärmestrahlung, d) durch Wegführen von Teilen des Körpers (samt ihrer inneren Energie) und ihren Ersatz durch Stoffe mit anderem Energieinhalt, → Wärmeleitung. Diese Änderungen faßt man mit Ausnahme der Änderung durch Arbeitsleistung als → Wärmeübergang zusammen.

Die Summe der bei chemischen Reaktionen oder Zustandsänderungen entwickelten oder verbrauchten W. wird als → Reaktionswärme bezeichnet. Diese kann positiv sein (exotherme Vorgänge), d. h. es wird W. frei. Bei langsamen chemischen Reaktionen wird die freiwerdende W. als **Bildungswärme**, bei rasch verlaufenden Reaktionen als **Verbrennungswärme** oder **Explosionswärme** bezeichnet. Bei negativer Wärmetönung wird W. verbraucht (endotherme Vorgänge), z. B. beim Schmelzen von Eis.

Bei allen Vorgängen geht ein Teil der Energie durch Umwandlung in W. verloren; diese kann nicht wieder restlos in andere Energie zurückverwandelt werden, → Carnotscher Kreisprozeß.

Lit. Becker: Theorie der W. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1964); Berties: Übungsbeispiele aus der Wärmelehre (Leipzig 1964); Faltin: Technische Wärmelehre (4. Aufl. Berlin 1964); Haberland: Wärmemechanik und Mechanik der Gase und Dämpfe (7. Aufl. Leipzig 1952); Puschmann u. Draht: Die Grundzüge der technischen Wärmelehre (17. Aufl. Leipzig 1964); Sajadatz: Wärmelehre für Gas- und Kraftwerksberufe (Leipzig 1964).

Wärmedäquivalent, die der Einheit der Wärme gleichwertige mechanische oder elektrische Arbeit. Das **mechanische W.** (1842 von Robert Mayer entdeckt) ist die Arbeitsmenge in m kp, die bei Umsetzung in Wärme 1 kcal liefert; 1 kcal = 426,79 m kp. Das **elektrische W.** ist die der Arbeitsmenge von 1 Joule entsprechende Wärme, die erscheint, wenn der Strom keine mechanische oder chemische Arbeit leistet und die von der Stromquelle abgegebene Energie im Leitungsdraht (Widerstand) in Wärme verwandelt werden kann (Joulesche Wärme); 1 Joule = 0,239 cal.

Wärmeaustausch, svw. → Wärmeübertragung. **Wärmeaustauscher, Wärmetauscher, Wärmeübertrager**, im weiteren Sinne eine Einrichtung, in der sich ein Wärmeaustausch (→ Wärmeübertragung) vollzieht; im engeren Sinne eine Einrichtung zur indirekten Wärmeübertragung, bei der die einem wärmeren Medium entzogene Wärme nutzbar gemacht wird. Wenn die dem wärmeren Medium entzogene Wärmemenge verlorengeht, spricht man von einem → Kühler. Stetig arbeitende W. enthalten eine Zwischenwand, die das heiße Medium vom kalten trennt; man spricht dann von einem **Rekuperator**. Die beiden Medien können im Gleich-, Gegen- oder Kreuzstrom zueinander geführt werden. Die häufigste Ausführungsform ist der **Röhrenwärmeaustauscher**. Sein Aufbau entspricht dem des Röhrenofens (→ Kontaktofen). Das eine Medium strömt ständig durch die Rohre, während das andere diese umspült. Ein stetiger W. ist z. B. der → Lufterhitzer.

Bei den periodisch wirkenden W.n, den **Regeneratoren**, wird eine wärmespeichernde Masse abwechselnd von dem heißen und dem kalten Medium umspült. So wird z. B. das Gittermauerwerk in den Winterhitzern vom Hochofen durch Gichtgase erhitzt und gibt nach dem Umschalten der Luftführung die Wärme an hindurchgeleitete Kaltluft ab (→ Regenerativfeuerung). Moderne Luftzerlegungsanlagen weisen Regeneratoren auf, deren Speichermasse aus geriffelten Aluminiumstreifen besteht.

Lit. Gregorig: W. (Frankfurt/M. 1959).

Wärmebedarf, die Wärme Q eines Raumes oder Gebäudes, die durch Wärmeleitung der Umfassungswände (Transmissionswärmeverlust Q_T) und durch Lufterwärmung der durch Fugen und Poren zu- und abströmenden Luft (Lüftungswärmeverlust Q_L) verlorengeht und durch Heizflächen wieder zugeführt werden muß. Der W. ist abhängig von den Größen der Austauschflächen (A), ihrer Wärmedurchlässigkeit (Wärmedurchgangszahl k , gemessen in kcal/m² h grd, → Wärmedämmung), dem Unterschied zwischen Innen- und Außentemperatur ($t_i - t_a$) und weiterhin von Zuschlägen, die von der Heizzeit (Heizunterbrechung = Auskühlungszeit), der Himmelsrichtung, der der Raum zugewandt ist, und der Windanfälligkeit bestimmt werden. Der Gesamtwärmebedarf für Normalfälle wird ermittelt aus $Q = Q_T + Q_L$. $Q_T = \Sigma (A \cdot k \cdot (t_i - t_a)) \cdot (1 + Z)$ in kcal/h, $Q_L = \Sigma (al) \cdot R \cdot H \cdot (t_i - t_a) \cdot Z_B$ in kcal/h. Für Überschlagsrechnungen kann für Normalfälle (Wohnräume) folgende Faustformel gelten: $Q = 80 A_a + 28 A_g$ in kcal/h. Dabei ist A_a = Fläche der seitlichen Außenwände einschließlich Fenster in m², A_g = Grundfläche in m².

Allgemein ergeben sich für den W. bei Wohnbauten folgende Werte: für ungünstige Räume 40 bis 70, für normale Räume 30 bis 40, für günstige Räume 20 bis 30 kcal/m³ h. Für Sonderfälle, z. B. Großräume, selten beheizte Räume, im Erdreich liegende Räume, sehr schwere oder sehr leichte Bauart, gelten besondere Berechnungsarten für den W.

Lit. Garms: Handb. für den Heizungsingenieur (7. Aufl. Berlin 1965); TGL 112-0310.

Wärmebehandlung, die Behandlung von metallischen Werkstücken in der Wärme. Die W. führt durch Änderung der Temperatur oder des Temperaturablaufs im Werkstück zu Veränderungen der Eigenschaften des Werkstoffs. Verfahren der W. sind z. B. → Abschrecken, → Härten, → Anlassen, → Vergüten, → Patentieren, → Glühen und → Aufkohlen.

Lit. Bolchowitinow: Stahl, Eisen, NE-Metalle und ihre W. (dtisch Berlin 1955).

Wärmedämmung, die Verlangsamung des Temperaturausgleichs, vor allem zwischen dem Inneren eines Bauwerks und der Außenluft, durch bestimmte Einrichtungen und technische Maßnahmen. Die W. einer Wand hängt von der Wandstärke, der Wärmeleitfähigkeit und dem Wärmedurchlaßwiderstand des Baustoffes ab.

Rechnerische Wärmeleitfähigkeit verschiedener Baustoffe

Baustoff	Trockenrohdichte (kg/m ³)	rechnerische Wärmeleitfähigkeit (kcal/m h grd)
Natursteine	≈ 2700	2,50
	≈ 2000	1,00
Vollziegel	1600	0,61
Langlochziegel	1200	0,46
Schwerbeton mit Kies und Splitt (Stahlbeton)	2400	1,40
Porenbeton mit Hochofenschlacke	1000	0,33
Holz quer zur Faser:		
Buche, Eiche	700	0,18
Kiefer, Fichte, Tanne	500	0,12
zementgebundene Holz-	400	0,08
wolleplatten 50 mm		
gipsgebundene Holz-	460	0,10
wolleplatten 25 mm		

Die W. eines Raumes ist abhängig vom Wärmedurchlaßwiderstand der den Raum abschließenden Wände und Decken und von der Luftdurchlässigkeit und Wärmespeicherung (Wärmebeharrung) dieser Bauteile. Außenwände von Wohnräumen müssen, wenn sie ausreichend wärmedämmend wirken sollen, in der milden Klimabauzone (−15 °C rechnerische Winter-temperatur) einen Mindestwärmedämmwert von 0,60 h m² grd/kcal haben, in der strengen Klimabauzone (−20 °C; Teile der Bezirke Frankfurt/O. und Cottbus, Höhenlagen im Erzgebirge, Thüringer Wald und Harz) von 0,70 h m² grd/kcal. Diesem Mindestdämmwert entsprechen bei Vollziegeln mit einer Trockenrohdichte von 1600 kg/m³ Fertig-Wanddicken (einschließlich Putz) von 400 (milde Klimabauzone) bzw. 480 mm (strenge Klimabauzone), bei Porenbeton mit Hochofenschlacke mit einer Trockenrohdichte von 1200 kg/m³ von 280 bzw. 300 mm.

Die W. von Bauteilen wird verbessert durch Einschluß von Lufträumen in die Baustoffe (Hohlziegel, Porenziegel, Gasbeton, Schaumbeton, anderer poröser Leichtbeton) und durch Verwendung von besonderen Wärmedämmstoffen, d. h. Stoffen mit geringer Wärmeleitfähigkeit und geringer Trockenrohdichte, die auf der Porosität der Stoffe beruht. Aus organischen Stoffen bestehende Wärmedämmstoffe sind Kork, Torf, Holz- und andere Pflanzenfasern, Holz- und Stroh, Filz, alle als Platten oder Matten verarbeitet. Wärmedämmstoffe aus anorganischen Stoffen sind Kieselgur, Asbest,

Bimsstein, Schlacke, Asche, Glasfasern, Schlackenwolle.

Lit. Eichler: Praktische Wärmelehre im Hochbau (4. Aufl. Berlin 1964); Kleber: Sperrern, Dichten, Dämmen (Berlin 1964); TGL 10686 Wärmeschutz.

Wärmedurchgangszahl, Zeichen k , die Zahl, die angibt, welche Wärme innerhalb einer Sekunde bei einem Temperaturgefälle von 1 °C durch die Einheitsoberfläche einer Platte geht.

Wärmekapazität, die Wärmemenge (gemessen in Kalorien), die man einem Körper zuführen muß, um seine Temperatur auf einer bestimmten Temperaturstufe um 1 grd zu erhöhen. Die W. hängt also von der gerade herrschenden Temperatur ab; sie ist das Produkt aus → spezifischer Wärme und Masse des Körpers, → Wasserwert.

Wärmekonvektion, **Wärmeströmung**, eine Form der Wärmeübertragung in Flüssigkeiten und Gasen, die sich der reinen → Wärmeleitung überlagert. W. entsteht, indem stoffliche Teilchen ihre Lage verändern und dabei ihren Wärmeinhalt mit sich fortführen. Auf der W. beruht z. B. die Konvektionsheizung.

Wärmekraftmaschinen, Kraftmaschinen, die Wärme in mechanische Energie umwandeln. Sie werden eingeteilt in Dampfkraftmaschinen (Dampfmaschine, Dampfturbine), Heißluftmotor und Verbrennungskraftmaschinen (Verbrennungsmotor, Gasturbinenanlage).

Wärmekraftwerk, (Tafeln 38 und 39), ein → Kraftwerk, das die zum Antrieb der Generatoren erforderliche mechanische Energie den Trägern chemischer Energie (Kohle, Erdöl u. a.) über den Umweg der Wärmekraftmaschinen entzieht oder natürlich vorgefundene Wärmegefälle dazu ausnützt. W.e können wie folgt eingeteilt werden:

Dampfkraftwerke verwenden als Brennstoffe Braunkohle oder Steinkohle, auch Gas, Öl, Torf u. a. **Braunkohlekraftwerke** befinden sich meist in unmittelbarer Nähe von Gruben, sie sind aus betriebstechnischen Gründen fast immer Grundlastwerke (→ Kraftwerk). **Steinkohlekraftwerke**

Die größten Wärmekraftwerke

Art des Kraftwerks	Name	Staat	Leistung (in MW)
Braunkohlekraftwerk	Beresch	UdSSR	4000*
	Boxberg	DDR	3000*
	Frimmersdorf	WD	2000
			(geplant 3000)
	Hazelwood	Australien	1600*
Steinkohlekraftwerk	Turów	Polen	1400
	Lübbenau	DDR	1300
	Vetschau	DDR	1200
	Smijew	UdSSR	4000
	Gallatin	USA	2500
	Pridnepr	UdSSR	2400
	Kriwoi Rog	UdSSR	2400*
	Eddystone	USA	2000
	Colbert	USA	2000
	Kingsnorth	Großbritannien	2000
	Liddell	Australien	2000*
	Ferrybridge „C“	Großbritannien	2000*
	West-Burton	Großbritannien	2000*
	Cardinal (Ohio)	USA	1980
	Starobeshevs	UdSSR	1900
Dampfkraftwerk für Heizöl	Lakeview	Kanada	1800
	Kingston	USA	1600
	Shawnee	USA	1500
	Tilbury „B“	Großbritannien	1400
	Thorpe Marsh	Großbritannien	1100
	Moss Landing	USA	2118
	Fawley	Großbritannien	2000*
	La Spezia	Italien	1855

Wärmekraftwerk

Art des Kraftwerks	Name	Staat	Leistung (in MW)
Erdgaskraftwerk	Begowat	UdSSR	4000*)
	Konakowo	UdSSR	2800*)
	Sabine	USA	1000
	Lacq Artix	Frankreich	500
	Robert Frank (Landesbergen)	WD	300
	Cortemaggiore	Italien	140
Gasturbinenkraftwerk	Shatsk	UdSSR	258
	Charkow	UdSSR	100
	Port Mann	Kanada	100
	Bare Point	Kanada	78
	Grimmenthal	DDR	50
	Edmonton	Kanada	50
	Bremen-Vahr	WD	50
	Livorno	Italien	50
	Korneuburg	Österreich	50
	Beznau	Schweiz	40
	Västervik	Schweden	40
Erdwärmekraftwerk	Gispersleben	DDR	25
	Otterbäcken	Schweden	25
	Larderello	Italien	300
	Wairakei	Neuseeland	250
	Healdsburg	USA	12,5
	Machatschkala (Kaspisches Meer)	UdSSR	10
Meereswärmekraftwerk	Kamtschatka	UdSSR	5
	Abidjan	Republik Elfenbeinküste	15

*) im Bau

kommen in Verbindung mit Zechen vor (Verwertung von Abfallkohle), oder sie sind nahe den Verbrauchsschwerpunkten gelegen, meist an Wasserstraßen zwecks günstiger Anlieferung der Kohle. Die Kohle wird in → Dampfkesseln verbrannt, und zwar entweder in Stücken bestimmter Größe entsprechend der Feuerungsanlage oder nach vorausgegangener Vermahlung als Kohlenstaub. Die Feuegase umspülen die Röhren der Kesselanlage, geben ihre Restwärme in Wasser- und Luftvorwärmern ab und entweichen nach Entstaubung in Abscheidern oder Elektrofiltern durch Schornsteine mit natürlichem Zug oder mit künstlichem Zug (Saugzug). Temperatur und Zusammensetzung der Rauchgase werden ständig überprüft, ebenso Dampfdruck und

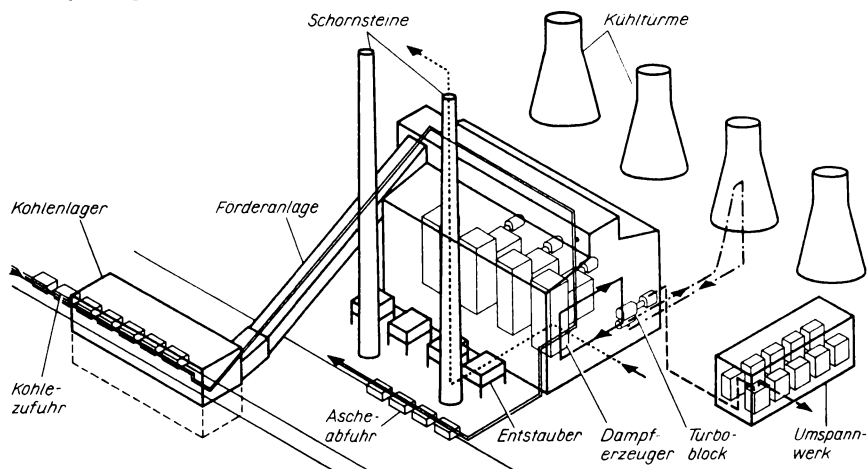
-temperatur. Je höher beide liegen, um so höher kann der Wirkungsgrad sein; die Grenze ist durch die Widerstandsfähigkeit des Materials gegeben. Man bevorzugt Dampfkessel mit Höchstdrücken bis zu 125 at und 500 °C. Statt allein mit Wasserdampf werden auch Versuche mit Stoffpaaren unternommen, z. B. in den USA mit Quecksilber-Wasserdampf. Vom Dampfkessel strömt der Dampf in die → Dampfturbinen. In dem mit der Turbine gekoppelten Generator wird der Strom erzeugt, meist als Drehstrom mit 6000 oder 10000 V und 50 Perioden oder als Einphasenwechselstrom (Baukraftwerk). Er wird zum Umspannwerk geleitet, in dem sich die Hauptschaltanlagen, Verteilungstafeln, Meßinstrumente, Befehls- und Fernverständigungseinrichtungen u. a. befinden. Von hier aus werden vor allem die Netzversorgung und die Kopplung mit anderen Werken geregelt oder, soweit sie nicht automatisch erfolgen, überwacht.

Heizkraftwerke sind Dampfkraftwerke, in denen die erzeugte Dampfmenge zuerst zur Stromerzeugung ausgenutzt und dann der Abdampf für Heizungszwecke verwendet wird, z. B. in größeren Industriebetrieben mit einem hohen Bedarf an Produktionsdampf, wie in der Chemie-, Textil-, Zuckerindustrie und in Fernheizungen. Da der Dampf für Heizungszwecke sowieso erzeugt werden müßte, ist die Stromerzeugung sehr billig. Für den Bau von Heizkraftwerken müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein, vor allem ist eine große Wärmedichte erforderlich, d. h. die Entnahme von Wärme durch den Verbraucher soll mehr als $50 \cdot 10^6$ kcal je Stunde und km² bebauter Fläche sein. Das trifft auf die Zentren von Großstädten meist zu.

Diesellokraftwerke verwenden Öl als Brennstoff und haben an Stelle von Dampfkesseln und -turbinen Motoren (→ Dieselmotor). Vorteilhaft ist der schnelle Anlauf, also die stete Betriebsbereitschaft. Nachteilig sind die hohen Brennstoffkosten; daher sind Diesellokraftwerke in Mitteleuropa nur vereinzelt als Spitzenkraftwerke in Gebrauch.

Bei **Erdgaskraftwerken** wird als Brennstoff Erdgas verwendet. Erdgaskraftwerke haben gegenüber Kohlekraftwerken den Vorteil, daß ihr Betrieb sehr sauber und regelungsfähig ist.

Bei **Gasturbinenkraftwerken** dient als Antriebsaggregat für den Generator eine → Gasturbinen-



Stoffströme
 Kohle/Asche ——— Luft/Rauchgas Dampf/Kondensat ——— Kühlwasser ——— elektrischer Strom ———
Aufbau eines Dampfkraftwerkes

anlage. Die Gesamtanlage ist relativ klein und billig und kann auch auf Fahrzeuge (z. B. Eisenbahnwagen) montiert werden. Man benötigt kein Wasser in der Anlage und ist so unabhängig in der Wahl des Aufstellungsortes (wichtig für Großbaustellen, Katastropheneinsätze, in unerschlossenen Gebieten u. dgl.). Die Anlagen sind fast augenblicklich aus dem Ruhezustand auf volle Leistung zu bringen. Nachteilig sind die hohen Brennstoffkosten je erzeugter kWh.

In **Erdwärmekraftwerken** wird zur Stromerzeugung die Erdwärme ausgenutzt (Geothermie). **Meereswärmekraftwerke** nutzen besonders in tropischen Gebieten zur Stromerzeugung die Temperaturunterschiede zwischen Meeresoberfläche und Meeres Tiefe. In den **Sonnenkraftwerken** (→ Sonnenkraftanlage) wird die Sonnenwärme ausgenutzt. Die direkte Stromerzeugung aus Wärme (Thermoelektrizität) ist über Laboratoriumsversuche noch nicht hinausgekommen.

Eine besondere Art des W.es ist das → **Kernkraftwerk**.

Lit. Hoffmann: Dampfkraftwerke (Leipzig 1950); Lévai: W.e, Bd 1 (Berlin 1950); Schröder: Große Dampfkraftwerke (Berlin, Göttingen, Heidelberg, Bd 1 1950, Bd 2 1962); → Kraftwerk.

Wärmelehre, Kalorik, die Lehre, die die physikalischen Veränderungen der Stoffe bei der Temperaturänderung, die Fragen der Temperaturmessung, des Wärmeübergangs und der gegenseitigen Umwandlung von Wärme in Arbeit behandelt; → Wärme, → Temperatur, → Thermodynamik, → Hauptsätze der Thermodynamik.

Lit. → Wärme, → Thermodynamik, → Wärmedämmung.

Wärmeleistung, Heizleistung, Zeichen \dot{Q} , die von einer → Heizfläche abgegebene oder übertragene Wärme. Sie wird bestimmt durch den → Wärmebedarf und die → Heizflächenbelastung; z. B. ist bei Graugußgliederkesseln $\dot{Q} = K \cdot A$. Dabei ist $\dot{Q} = W$ in kcal/h, K = Heizflächenbelastung in kcal/m² h, A = erforderliche Heizfläche in m².

Wärmeleitung, eine Form der Wärmeübertragung, bei der im Gegensatz zur Wärme konvektion die Wärmeübertragung nur zwischen unmittelbar benachbarten Teilchen stattfindet. Sie tritt bei festen, gasförmigen und flüssigen Körpern auf und erfolgt von Orten höherer Temperatur zu Orten niedrigerer Temperatur, so daß nach einiger Zeit der Temperaturunterschied ausgeglichen wird und sich ein Wärme Gleichgewicht einstellt. Die W. ist ebenso wie die innere Reibung und die Diffusion ein Transportphänomen, bei dem die zu der jeweiligen Temperatur gehörige kinetische Energie der Moleküle oder Atome transportiert wird.

Man unterscheidet gute und schlechte **Wärmeleiter**. Im allgemeinen nimmt die **Wärmeleitfähigkeit** in der Reihenfolge der Aggregatzustände fest, flüssig, gasförmig ab. Feste Stoffe leiten im kristallisierten Zustand die Wärme besser als im amorphen. Diese Tatsache macht man sich zunutze, um den Kristallinitätsgrad, z. B. von Hochpolymeren, zu bestimmen. In anisotropen Kristallen hängt die W. von der Richtung zu den Kristallachsen ab. Die Wärmeleitfähigkeit der Metalle vermindert sich stark mit steigender Temperatur. Das Verhältnis zwischen Wärmeleitfähigkeit und elektrischer Leitfähigkeit ist für die meisten Metalle bei einer bestimmten, nicht zu tiefen Temperatur nahezu konstant (*Wiedemann-Franz'sches Gesetz*). Alle Metalle sind gute Wärmeleiter. Ausgesprochen schlechte Wärmeleiter (Wärmedämmstoffe) sind Luft, Wolle, Laub, Kieselgur, Glas-, Schlacken-, Asbestwolle, Torfmoos, Kork. Die beste Wärmedämmung erfolgt durch das Vakuum (→ Dewargefäß).

Wärmeleitvermögen, swv. → Wärmeleitzahl.

Wärmeleitzahl, Wärmeleitvermögen, Zeichen λ , ein Maß für die Wärme, die je Sekunde durch einen Würfel der Kantenlänge 1 cm zwischen zwei gegenüberliegenden Seitenflächen fließt, zwischen denen die Temperaturdifferenz 1 grd besteht. Voraussetzung ist, daß alle anderen Flächen wärmeundurchlässig sind. Dimensionen der W.: 1 cal s⁻¹ grd⁻¹ cm⁻¹ = 360 kcal h⁻¹ grd⁻¹ m⁻¹ = 4,1868 Watt grd⁻¹ cm⁻¹. Die W. beträgt bei 18 °C z. B. für Silber 1, für Kupfer 0,9, für Eisen 0,2, für Luft 0,000057.

Wärmemauer, Hitzemauer, Hitzebarriere, der Fluggeschwindigkeitsbereich, in dem die Erwärmung der Oberfläche von Flugkörpern durch Abbremsen der Luft so groß geworden ist, daß eine weitere Vergrößerung der Fluggeschwindigkeit und damit auch eine weitere Erwärmung der Oberfläche den Flugkörper gefährden. Das Abbremsen der Luft erfolgt durch Kompression in der Kopfzelle und durch Reibung in der Grenzschicht. Die dabei entstehenden großen Temperaturen vermindern die Festigkeit der Werkstoffe stark bzw. führen zur vollständigen Zerstörung des Flugkörpers (Abschmelzen). Die Aufheizung nimmt mit der Höhe infolge der geringer werdenden Luftdichte ab. Etwa bei der doppelten Schallgeschwindigkeit tritt eine Erwärmung auf 100 °C ein, bei der für Aluminiumlegierungen die Grenze ihrer Einsatzfähigkeit beginnt. Titanlegierungen sind bis etwa 450 °C benutzbar, die bei etwa 4000 km/h erreicht werden. Schneller fliegende Flugkörper müssen auf geeignete Weise gekühlt oder aus hochlegiertem Stahl oder Nickellegierungen gebaut werden. Auch Preßasbest, Plaste und glasfaserverstärkte Kunststoffe wurden bereits versuchsweise verwendet.

Wärmeöfen, Wärmöfen, Sammelbezeichnung für Wärmeaggregate zum Erhitzen von Halbzeug (z. B. Blöcke, Brammen, Bleche, Profilstränge, Draht- und Bandmetallbunde) in der metallurgischen Industrie sowie von Werkstücken in der Maschinenbau- und keramischen Industrie zur Vorbereitung einer Warmumformung oder zur Durchführung einer Stoffeigenschaftsänderung (→ Wärmebehandlung). Zur Beheizung von W. werden fast ausschließlich gasförmige oder flüssige Brenn- und Wärmestoffe bzw. die elektrische Widerstands- oder Induktionserwärmung verwendet. Die Ofenraumtemperaturen betragen je nach dem Anwärmzweck bis zu 1500 °C.

W. können eingeteilt werden in Kammer- und Durchlauföfen. 1) Bei den **Kammeröfen** oder **Ruhöfen** werden die Werkstücke in einer abgeschlossenen Wärmekammer im Ruhezustand mit elektrisch oder durch chemische Verbrennung erwärmter Atmosphäre erhitzt. Nach Bauweise, Beschickungsweise oder Arbeitsweise unterscheidet man bei diesen W. z. B. zwischen Einkammeröfen, Muffelöfen, Schachtofen, Muldenofen, Haubenofen, Etagenöfen, Wagenöfen, Luftumwälzöfen und Tiefofen. Der **Tiefofen** ist ein unterhalb des Hüttenflusses von Walzwerken liegender Kammerofen, in den die Kokillengußblöcke vor dem Walzen mit dem Kran eingesetzt und auf Walztemperatur gebracht werden. 2) Bei den **Durchlauföfen** durchlaufen die Werkstücke in stetiger Folge auf hitzebeständigen Platten, Ketten, Bändern oder ähnlichen Transporteinrichtungen einzelne Wärmezonen zum Anwärmen, Temperaturbeibehalten und Abkühlen. Durchlauföfen sind z. B. Stoß- oder Schuböfen, Bandöfen, Kettenöfen, Wagenöfen, Drehherdöfen, Schüttelplattenöfen, Hubbalkenöfen, Trommelöfen, Tunnelöfen. 3) **Badöfen** sind als Ruh- oder Durchlauföfen mit Elektro- oder Brennwärme erhitzte Salz- oder Metallbäder, z. B. Tiegel- oder Wannenöfen.

Wärmepeligerät, → Infrarot.

Wärmepumpe, eine maschinelle Einrichtung, die es ermöglicht, unter Aufwendung von Arbeit

Wärme von einer niederen auf eine höhere Temperatur zu bringen, wobei die Wärmemenge ein Vielfaches des Wärmeäquivalents der aufgewendeten Arbeit ist. Es werden hauptsächlich *Kompressionsanlagen* verwendet. Arbeitsweise: Im Verdampfer wird ein Kältemittel, z. B. Ammoniak oder Freon, bei entsprechendem Druck und der durch die Wärmequelle gegebenen Temperatur verdampft. Als Wärmequelle dient meist die Umgebung (Fluß, Erdreich, Luft), die im Winter Temperaturen um 0 °C oder noch tiefer haben kann. Danach wird der Dampf im Kompressor (Verdichter) verdichtet, wobei sich durch die zugeführte mechanische Energie die Temperatur des Dampfes erhöht. Somit wird Wärme von niedrigerer Temperatur auf ein höheres Temperaturniveau gehoben. Im Kondensator wird der Dampf durch Wärmeabgabe an ein Heizmittel (meist Wasser) kondensiert, wobei die gewonnene Wärmemenge ein Vielfaches des Wärmeäquivalents der aufgewendeten Arbeit im Verdichter ist. Das erwärmte Wasser kann nun für Heizzwecke (→ Heizung) verwendet werden. Das Kältemittel wird danach in einem Reduzierventil entspannt und wieder dem Verdampfer zugeführt; damit ist der thermische → Kreisprozeß der W. geschlossen. Thermodynamisch ist die W. eine Kältemaschine mit dem Unterschied, daß bei der W. die Wärme mit höherer Temperatur, also im Kondensator, nutzbar gemacht wird und die erzeugte Kälte unausgenutzt bleibt. Bei *Absorptionsanlagen* wird der Kompressor durch eine Wärmequelle (Elektro- oder Gaswärme) ersetzt, außerdem werden die thermischen Eigenschaften von wäßrigen Lösungen ausgenutzt (→ Kältemaschine).

Da die Anlage- und Betriebskosten der W. ziemlich hoch sind, kann sie wirtschaftlich zur Raumheizung nur in solchen Gebieten eingesetzt werden, in denen Strom für den Betrieb der W. billig aus Wasserkraften erzeugt wird, die Preise für Brennstoffe dagegen hoch liegen (z. B. Schweiz, Norwegen). Industriell wendet man die W. in chemischen Betrieben bei Verdampferanlagen an, wobei ihr Einsatz um so günstiger wird, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Verdampfer und Kondensator ist.

Wärmespritzen, → Plastspritzen.

Wärmestrahlung, Temperaturstrahlung, die Wärmeübertragung durch elektromagnetische Wellenstrahlung, also ohne die bei → Wärmeleitung und → Wärmeleitung nötige Mitwirkung eines stofflichen Mediums. Die W. ist um so intensiver, je höher die Temperatur des strahlenden Körpers ist. Sie ist ferner abhängig von der Farbe und der Beschaffenheit der strahlenden Oberfläche. Die elektromagnetischen Wellen der W. werden durch die Wärmebewegung der Moleküle des strahlenden Körpers erzeugt. Die W. umfaßt vor allem den Bereich vom unsichtbaren Infrarot, etwa von der Wellenlänge 0,3 mm an, bis zum sichtbaren Licht, das glühende Körper ausstrahlen.

Die W. überwindet auch das Vakuum.

Beim Auftreffen auf einen Körper wird die W. z. T. reflektiert, z. T. absorbiert und wieder in Wärme verwandelt. Zur Messung der W. dienen unter anderem Thermoelemente, Bolometer, besonders sensibilisierte photographische Platten. Auf der W. beruht die Strahlungsheizung.

Wärmeströmung, svw. → Wärmeleitung.

Wärmetauscher, svw. → Wärmeaustauscher.

Wärmetod, ein Ausdruck für den Endzustand in einem abgeschlossenen thermodynamischen System, in dem alle Temperaturdifferenzen infolge des fortwährend von selbst stattfindenden Übergangs der Wärme von höherer auf niedere Temperatur auf Grund des 2. Hauptsatzes der

Thermodynamik ausgeglichen sind. Weil dann keine physikalischen und biologischen Vorgänge, die auf Temperatur- und damit auf Energiedifferenzen beruhen, mehr ablaufen können, müßte alles Geschehen zum Stillstand kommen. Die Übertragung dieser Vorstellungen, d. h. von Eigenschaften, die endlichen geschlossenen Systemen zukommen, auf das Weltall ist nach den heutigen Kenntnissen über den Bau der Welt und über die Atombildungsvorgänge unrichtig, d. h. die Welt, die unendlich ist, strebt keinem W. zu.

Wärmetönung, → Thermochemie.

Wärmeübergang, die Wärmeübertragung zwischen einer strömenden Flüssigkeit oder einem strömenden Gas und den Begrenzungsflächen der Flüssigkeit oder des Gases. Der W. findet durch → Wärmeleitung und → Wärmeleitung statt. Die übergehende Wärme hängt dabei ab von der Zeit, von der Beschaffenheit der Begrenzungsflächen und der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung der Flüssigkeit oder des Gases; sie ist proportional der Temperaturdifferenz zwischen dem flüssigen oder gasförmigen Medium und den Begrenzungsflächen. Die Proportionalitätskonstante ist die **Wärmeübergangszahl**.

Wärmeübertragung, oft ungenau auch als **Wärmeaustausch** bezeichnet, der Vorgang, bei dem Wärme von einem Medium mit höherer Temperatur auf ein Medium mit niedrigerer Temperatur übergeht. Wenn beide Medien die gleiche Temperatur erreicht haben, endet der Vorgang (Wärmegleichgewicht). Bei der **direkten W.** berühren sich die beiden Medien innig, z. B. Mischen von kaltem Wasser mit Heißdampf, wobei der Dampf kondensiert und seine Wärme an das Wasser abgibt. Bei der **indirekten W.** sind die beiden Medien durch eine Wand getrennt. So erfolgt z. B. die W. eines Destillats in einem Kühler über eine Rohrwandung nach einem im Gegenstrom fließenden Kühlmittel. Die W. kann die Erwärmung oder Abkühlung, die Verdampfung oder Kondensation eines Mediums zum Ziele haben. Besondere Formen der W. sind → Wärmeleitung, → Wärmeleitung, → Wärmestrahlung. Für die W. gibt es je nach Verwendungszweck verschiedene Arten von → Wärmeaustauschern.

Lit. Michajew: Grundlagen der W. (Berlin 1961).

Wärmewirtschaft, ein Zweig der Energiewirtschaft, der sich mit der Gesamtheit der Maßnahmen zur wirtschaftlichen Ausnutzung der in Brennstoffen gespeicherten Wärme befaßt. Man versteht darunter die möglichst vollständige Verbrennung in geeigneten Feuerungsanlagen, die ständige Überwachung aller wärmetechnischen Vorgänge durch anzeigende oder schreibende Meßgeräte, die Steigerung des Umwandlungswirkungsgrades von Wärmeenergie in Elektrizität, die Verwertung von überschüssigem Frisch- oder Abdampf (→ Abwärme) für Trocknung, Heizung und Verdampfung (→ Kraft-Wärme-Kupplung) und den Ferntransport von veredelten Brennstoffen mit hohem Heizwert, z. B. Braunkohlenbriketts oder Gas an Stelle von Rohbraunkohle. Die W. der hohen Temperaturen untersucht die Vorgänge bei der Kohleveredlung (Schwefelerei, Kokerei, Gaswerk), im gesamten Eisenhüttenwesen und in der keramischen Industrie. Durch weitgehende Einführung stetig arbeitender Prozesse lassen sich große Wärmemengen einsparen oder für andere Zwecke nutzbar machen.

Lit. Dietzel: Kraft- und Wärmewirtschaft (München 1959); Netz: W. (Leipzig 1954); Pauer: Einführung in die Kraft- und Wärmewirtschaft (2. Aufl. Dresden 1964); Schmidt u. Beckers: Industrielle Kraft- und Wärmewirtschaft (Berlin 1957).

Wärmemesser, **Wärmemesser**, ein Gerät zum Messen von Wärme, die von Heizflächen abgegeben oder von Wärmeträgern, z. B. Wasser oder Dampf, in Rohrleitungen weitergeleitet

wird. Dampfwärmemessung ist durch Drosselgeräte (Blenden, Düsen, Venturirohre) oder Schwimmermesser, auch über Kondensatmengenmessung möglich. Bei an Wasser gebundener Wärme ist die Wärmemessung wesentlich schwieriger. Man mißt in diesem Falle das Produkt aus Wassermenge (m) und Temperaturdifferenz des Vor- und Rücklaufes ($t_V - t_R$): $\dot{Q} = m \cdot c \cdot (t_V - t_R)$; dabei ist \dot{Q} Wärme in Zeiteinheit, m Wassermenge in Zeiteinheit, c spezifische Wärme. Die Wassermengenmessung erfolgt durch Drosselgeräte oder Flügelradmesser, die Temperaturmessung durch Thermoelemente, Widerstandsthermometer (elektrische Geräte) oder Ausdehnungsfühler (mechanische Geräte). Für Heizkörper finden neuerdings auch Verdunstungs-Wärmezähler Anwendung, das sind mit Spezialflüssigkeit gefüllte Meßröhrchen, die entsprechend der abgegebenen Wärme die Flüssigkeit verdunsten.

Warmfestigkeit, die Festigkeit eines Werkstoffes oberhalb der Raumtemperatur, in der Regel die Warmzugfestigkeit, in besonderen Fällen auch die Warmbiegefestigkeit oder Warmdruckfestigkeit. Mit steigender Temperatur nimmt im allgemeinen die Festigkeit ab; bei unlegierten Stählen aber erst nach Überschreiten eines zwischen 200 und 300 °C liegenden, durch Ausscheidungen im Gefüge hervorgerufenen Höchstwertes. In vielen Fällen bestimmt man nur die Warmstreckgrenze. Sie fällt auch bei unlegierten Stählen kontinuierlich mit zunehmender Prüftemperatur. Mit steigender Temperatur beobachtet man einen zunehmenden Einfluß der Prüfgeschwindigkeit. Außerdem tritt auch bei gleichbleibender Beanspruchung unterhalb der Streckgrenze ein plastisches Weiterformen des Werkstoffs ein. Man bezeichnet es als Kriechen. Der Warmzerreißversuch verliert dann seine praktische Bedeutung, und man führt dafür den → Standversuch durch. Bei unlegierten Stählen ist der Einfluß der Versuchsdauer bis etwa 300 °C gering. Ein anfängliches Kriechen kommt nach kurzer Zeit zum Stillstand. Bei niedrig schmelzenden Metallen, z. B. Blei und Zinn, liegt diese Grenze unterhalb der Raumtemperatur.

Warmspritzen, svw. Wärmespritzen, → Plast-spritzen.

Warmumformen, → Umformen.

Warmwasserspeicher, → Heißwasserspeicher.

Warmzeit, svw. → Interglazialzeit.

Warmzerspanen, eine besondere Art der spannenden Formung in der Fertigungstechnik. Dabei wird das Werkstück autogen, induktiv oder mit Hilfe eines elektrischen Lichtbogens (Lichtbogenzerspanen, Abb.) örtlich erwärmt. Die Wärmequelle führt die gleichen Bewegungen aus wie das Werkzeug; hierzu befestigt man z. B. die Kohlelektrode beim Lichtbogenzerspanen am Meißelhalter. Das Verfahren ist für das Zerspanen von besonders harten oder glasharten Werkstoffen bestimmt, z. B. von Kokillenhartguß, Siliziumguß und Manganhartstahl. Man erzielt damit ein größeres Spanvolumen in der Zeiteinheit als beim normalen Zerspanen, da Schnittgeschwindigkeit und Vorschub erhöht werden können.

Warnlichtanlage, → Blinklichtanlagen.

Wartefunkfeuer, → Funkfeuer.

Warve, → Bänderton.

Waschen, in der chemischen Technik im allgemeinen das Entfernen von Verunreinigungen von Filterrückständen, Gasen, Roherzen u. a. mittels Flüssigkeiten. Auch bei Verfahren des Naßsortierens von Rohkohle oder Erzen spricht man von W.

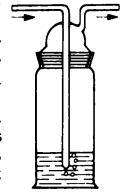
Wäscher, Wäscher, ein Apparat oder eine Anlage zur Reinigung oder Be- bzw. Entfeuchtung eines

Gases durch innige Berührung mit einer Flüssigkeit. Die einfachste Form ist die → Waschflasche. Im **Turnwäscher** läßt man Flüssigkeit auf das im Gegenstrom aufsteigende Gas tropfen. Turnwäscher, deren Austauschfläche durch Einbauten, wie Holzroste o. a., vergrößert ist, bezeichnet man als **Rieselturne**, die zum Auswaschen von Gasverunreinigungen und – in kleinerer Form – als Luftbefeuchter in Klimaanlage verwendet werden. Enthält das Gas eine große Menge Feststoffteilchen oder Fremdgas, so benutzt man W., in denen die Waschflüssigkeit mechanisch zerstäubt und das Gas durch den entstehenden Nebel geleitet wird. Das Zerstäuben geschieht z. B. im **Feldwäscher** durch gelochte Trichter, die auf einer senkrecht stehenden Welle angeordnet sind. Bei dem **Ströder- oder Kreuzscheleierwäscher** wird die Waschflüssigkeit durch eintauchende Scheiben zerstäubt, bei dem **Standardwäscher** durch Trommeln. In dem **Tellerwäscher** und **Desintegrator** werden Gas und Waschflüssigkeit im Drehmittelpunkt der liegenden Welle eingeführt und dann durch tellerförmige oder mit Stiften besetzte Blechscheiben innig vermischt.

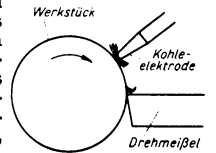
Waschflasche, ein Glasgefäß zum Entfernen bestimmter Gasanteile aus Gasgemischen mittels flüssiger Absorptionsmittel. Eine besonders innige Berührung mit der Flüssigkeit erreicht man, wenn man das Gas durch eine Sinterglasplatte in die Waschflüssigkeit strömen läßt.

Waschmaschinen, Maschinen zur Reinigung von Textilien. 1) **Haushaltwaschmaschinen** haben ein Fassungsvermögen von 1,5 bis 4 kg trockener Wäsche. Der Antrieb erfolgt größtenteils durch einen Elektromotor, die Beheizung der Waschlauge mittels Elektroenergie nach dem Tauchsiederprinzip. Haushaltwaschmaschinen arbeiten nach dem Trommel-, Wellenrad- oder Rührwerksystem. Wellenrad- oder Rührwerkwaschmaschinen sind meist mit Handeinstellung oder einfacher Teilautomatik ausgerüstet; Trommelwaschmaschinen weisen fast stets teil- oder vollautomatischen Programmablauf auf, die hochwertigsten Geräte sind außerdem mit Schleudergang durch Erhöhung der Waschtrommeldrehzahl beim Entwässern ausgerüstet.

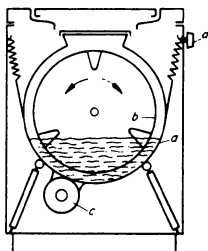
a) **Trommelwaschmaschinen** und **Waschautomaten** bestehen aus Metallgehäuse, Behälter und Trommel sowie Antriebs- und Schalt- bzw. Steuergeräten. Die Waschwirkung beruht auf dem laufenden Anheben der Wäsche und Zurückfallen in die Waschlauge mittels der in der wechselseitig rotierenden Trommel eingesetzten Mitnehmerrippen. Das Flottenverhältnis, das aussagt, wieviel Liter Waschlauge zum Waschen von 1 kg Wäsche (Trockenmasse) in einem Arbeitsgang benötigt werden, beträgt etwa 1 : 5 bis 1 : 7 und ermöglicht einen wirtschaftlichen, automatischen Programmablauf. b) Bei **Waschvollautomaten** ist das gesamte Waschteil (Behälter, Trommel und Antrieb) meist an schwingungsdämpfenden Elementen befestigt, um die beim Entwässern auftretenden Schwingungen im Inneren des Gerätes abzufangen und einen sicheren Stand ohne zusätzliche Bodenbefestigung zu gewährleisten. Die Drehzahl der Trommel beim Entwässern liegt zwischen 400 und 800 U min⁻¹ und ergibt einen Restfeuchtigkeitsgehalt der Wäsche bei etwa 5 bis 8 Minuten langem Schleudern von 120 bis 80 % (bezogen auf Masse der trockenen Wäsche). Die Beschickung erfolgt von oben oder von vorn. Nach einmaligem Einstellen laufen die Arbeitsgänge (Vorwaschen, Klarwaschen, mehrmaliges Spülen und Entwässern) vollkommen selbständig ab. c) **Wellenradwaschmaschinen** sind Schnellwaschmaschinen und sind mit einem Wellenrad ausgerüstet. Das Wellenrad ist eine am Boden befindliche Scheibe mit einigen Erhebungen in Streifenform. Durch



Waschflasche



Prinzip des Lichtbogenzerspanens



Waschvollautomat mit elastisch aufgehängtem Maschinensatz. a Behälter, b Trommel, c Motor, d Schalter

seine schnelle Rotation (500 bis 1400 U min⁻¹) entsteht eine intensive Wäsche- und Waschlaugebewegung, wodurch in etwa 2 bis 5 Minuten ein guter Wascheffekt erzielt wird. Wellenradwaschmaschinen weisen ein Flottenverhältnis von etwa 1:20 auf und eignen sich deshalb nicht für automatischen Programmablauf, da in einer Waschlottenfüllung aus Wirtschaftlichkeitsgründen etwa 4 bis 5 Wäsche-posten nacheinander gewaschen werden. d) **Rührwerkwaschmaschinen** besitzen als Wäschebeweger einen Rührflügel oder ein Rührkreuz. Die Wäsche- und Laugenbewegung erfolgt durch kurze wechselseitige Schläge, die zwischen 50 und 100 U min⁻¹ liegen.

2) **Großwaschmaschinen** werden unter anderem in industriellen Wäschereien der örtlichen Versorgungswirtschaft und des Gesundheits- und Sozialwesens eingesetzt. Der Grundtyp ist die handbediente oder vollautomatische, längs- oder frontalbeschickte, starr oder kippbar gelagerte **Doppeltrommelwasch- und -spülmaschine**. Die in der zylindrischen Außentrommel befindlichen Wasch- und Spülbäder werden durch die gelochte Innentrommel an das Waschgut herangeführt und meist durch Dampf direkt, seltener durch Elektroenergie oder Gas indirekt erwärmt. Die Innentrommel dreht sich ein- oder wechselseitig. Ihre Mitnehmerrippen heben das Waschgut aus der Flotte heraus, transportieren es nach oben, lassen es wieder abgleiten und in die Flotte zurückfallen. Das Flottenverhältnis beträgt 1:5 bis 1:8. **Strömungswaschmaschinen** sind Einzelwaschmaschinen oder Aggregate, bei denen bis zu 12 Maschinen verbunden sind. Ihnen wird Frischwasser zyklisch zur mindestens zweimaligen Nutzung für verschieden- oder gleichartiges Waschgut oder kontinuierlich zur mehrfachen Nutzung für gleichartiges Waschgut zugeführt. **Waschschleudermaschinen** sind mit besonderen Balancesystemen ausgerüstete Mehrzweckautomaten; sie waschen, spülen, schleudern und schütteln die Wäsche.

Abweichend von den beschriebenen W. arbeitet das → **Schallwaschgerät**.

Waschmittel, für die verschiedenartigsten Reinigungszwecke verwendete Gemische von Chemikalien, die als Pulver (gegebenenfalls gekörnt), Flocken, Pasten oder Flüssigkeiten in den Handel kommen. Sie setzen sich im wesentlichen aus Waschgrundstoffen (Waschrohstoffen), Waschhilfsmitteln (Aufbaustoffe, Builders) und Verschnittmitteln zusammen.

Die **Waschgrundstoffe** bewirken in erster Linie die Reinigung der verschmutzten Gegenstände. Am längsten bekannt sind die Natrium- und Kaliumsalze höherer Fettsäuren, d. s. die → **Seifen**. Sie werden immer mehr durch synthetische Waschgrundstoffe (waschaktive Substanzen), z. B. Natriumalkylsulfate (Fettalkoholsulfate), Natriumalkylsulfonate, Fettsäurekondensationsprodukte, verdrängt, die eine gute Reinigungswirkung bei geringem Schaumvermögen haben, so daß sie besonders zur Herstellung von W.n für Waschmaschinen verwendet werden. Die synthetischen Waschgrundstoffe gehören zu den → **grenzflächenaktiven Stoffen**. Sie reagieren im Gegensatz zu Seifen neutral und zeigen Hartwasser- und Säurebeständigkeit.

Die **Waschhilfsmittel** bilden mengenmäßig den Hauptbestandteil der einzelnen W. Man verwendet dazu vorwiegend anorganische Elektrolyte wie Trinatriumphosphat, Natriumdiphosphat, Soda, Natriummetasilikat und Wasserglas. Organische Waschhilfsmittel sind wasserlösliche Karboxymethylzellulose und organische Komplexbildner, die wasserenthärtend wirken und eine gleichmäßige Wirkung der in den W.n z. T. eben-

falls enthaltenen Bleichmittel oder optischen Aufheller verursachen.

Verschnittmittel erleichtern die Überführung der Waschgrundstoffe in Pulver; eine Waschwirkung haben sie nicht. Als Verschnittmittel dient vor allem Natriumsulfat.

Waschmittelarten. Die pulverförmigen **Vollwaschmittel** stellen heute den überwiegenden Teil der auf dem Markt befindlichen Haushaltswaschmittel dar. Sie sind prinzipiell für alle Waschprozesse und Faserarten geeignet und sind so zusammengestellt, daß sie bei allen Temperaturen gute Waschwirkung besitzen. Im allgemeinen bestehen sie aus 20 % waschaktiven Substanzen, 35 % kondensierten Phosphaten, 3 % Überfettungsmitteln, 10 % Silikaten, 5 % Perboraten, 2 % Karboxymethylzellulose und optischen Aufhellern.

Außerdem gibt es noch **Feinwaschmittel** oder **Neutralwaschmittel** für empfindliche Textilien. Das älteste Feinwaschmittel ist Fewa (Wz.) auf Basis von Natriumalkylsulfat. Heute verwendet man häufig Kombinationen von anionaktiven Stoffen und nichtionogenen Verbindungen gemeinsam mit komplexen Natriumphosphaten, Natriumsulfat und Karboxymethylzellulose. Sie sind am wirksamsten bei 50 °C und bestehen im allgemeinen aus 35 % waschaktiver Substanz, 5 % kondensierten Phosphaten, 3 % Überfettungsmitteln sowie gegebenenfalls 3 % Karboxymethylzellulose und optischen Aufhellern. Der Rest ist bei flüssigen Produkten Wasser, bei pulverförmigen Natriumsulfat.

Heute findet man noch andere Bezeichnungen, wie Grob-, Koch-, Schwer-, Schnell-, Universalwaschmittel. Der Schwerpunkt in der Entwicklung neuer W. liegt dabei in der Herstellung von Universalprodukten.

In geringem Maße werden **Spezialwaschmittel** in Zukunft noch Bedeutung besitzen, z. B. enzymatische Waschmittel für vorwiegend eiweißverschmutzte Wäsche. Diese enthalten eiweißabbauende Fermente, zumeist Bakterienproteinease.

Unter der Bezeichnung **Leichtwaschmittel** faßt man die Feinwaschmittel und die Geschirr-Reinigungsmittel (in der DDR z. B. Otrac, Fit und FW 6) zusammen, da sie ähnlich zusammengesetzt sind.

Lit. Gawalek: Wasch- und Netzmittel (Berlin 1962); Lindner: Textilhilfsmittel und Waschrohstoffe (Stuttgart 1964); Stüpel: Synthetische Wasch- und Reinigungsmittel (Stuttgart 1954); Leitfaden für den Wäschmeister (Leipzig 1954); Textilreinigung, Waschen, chemisch Reinigen und Färben von Textilien (Leipzig 1962).

Washout, → radioaktiver Niederschlag.

Wash-Primer, → Reaktionsgründierung.

Wasser, H₂O, eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff. W. ist eine geruch-, geschmack- und farblose, in dicker Schicht jedoch bläulich schimmernde Flüssigkeit, die unter Normaldruck (760 Torr) bei 100 °C unter Bildung von Wasserdampf siedet und bei 0 °C zu Eis erstarrt. Aber auch bei tieferen Temperaturen als 100 °C geht W. langsam in Wasserdampf über, anderseits bleibt es unter erhöhtem Druck auch bei einer Erhitzung über 100 °C flüssig; ebenso kann sehr reines Wasser durch vorsichtiges Abkühlen unter 0 °C flüssig bleiben. Bei 4 °C hat W. seine größte Dichte von 1 g cm⁻³ (bei 0 °C 0,9999 g cm⁻³, bei 10 °C 0,9997 g cm⁻³), daher sinkt in stehenden Gewässern bei Frost das bis auf 4 °C abgekühlte W. nach unten, und das spezifisch leichtere wärmere W. steigt an die Oberfläche. Bei Abkühlung unter 4 °C erstarrt das kalte W. an der Oberfläche zu spezifisch leichtem Eis, so daß die Kälte nur langsam in größere Tiefen vordringen kann und tiefere Gewässer nie bis zum Grunde gefrieren. Beim Gefrieren des W.s zu Eis bei 0 °C wird eine Schmelz-

wärme von 79,4 cal je g Eis frei. Das Wassermolekül hat auf Grund seines chemischen Baus ein elektrisches Dipolmoment von $1,84 \cdot 10^{-18}$. Daraus erklären sich z. B. das Assoziationsvermögen des W.s und damit verbundene thermische Anomalien sowie die Bildung zahlreicher Anlagerungskomplexe. Die Dielektrizitätskonstante beträgt 81,6. W. ist das gebräuchlichste Lösungsmittel. Es ist nur sehr gering dissoziiert, bewirkt jedoch bei Säuren, Basen und Salzen die Spaltung in Ionen und nimmt an zahlreichen Reaktionen teil. In W. gelöste Stoffe bewirken unter anderem eine Dampfdruckerniedrigung und damit eine Gefrierpunktserniedrigung bzw. eine Siedepunkterhöhung. Mittels der \rightarrow Elektrolyse läßt sich das W. in Wasserstoff und Sauerstoff spalten. Die Umsetzung von Stoffen durch W. wird als \rightarrow Hydrolyse bezeichnet.

W. ist diejenige chemische Verbindung, die auf der Erde in der größten Menge vorkommt: Meere, Flüsse, Seen, Sümpfe, Grundwasser. Die Erdoberfläche ist zu etwa 71 % mit W. bedeckt. Das Gesamtvolumen aller Meere wurde mit etwa 1370 Millionen km^3 berechnet. W. ist niemals chemisch rein, sondern enthält viele anorganische oder organische Stoffe in Lösung oder Suspension. Relativ rein sind Regen- und Schneewasser. Meerwasser enthält durchschnittlich 3,5 % Salze, wovon etwa 2,7 % aus Natriumchlorid bestehen. Quell- und Flußwasser enthalten bis zu 0,2 % feste Stoffe, vor allem Kalzium- und Magnesiumverbindungen, die die \rightarrow Härte des W.s bestimmen. Unterirdische Wässer, die gelöste Minerale oder Gase enthalten oder besondere physikalische Eigenschaften aufweisen, werden als Mineralwässer bezeichnet. Als Kristallwasser ist W. am Aufbau vieler Minerale beteiligt.

Im W. sind außer den am häufigsten vertretenen H_2O -Molekülen mit den Atomen ^1H und ^{16}O auch noch andere Molekülarnten enthalten. Physikalisch und chemisch wichtig ist dabei der Anteil an schwerem W. (Deuteriumoxid) D_2O , einer Molekülarnte mit dem Wasserstoffisotop ^2H . Ferner ist halbschweres W. HDO bekannt. In natürlichen Wässern ist schweres W. in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen worden und kann aus ihnen angereichert und rein gewonnen werden. Es siedet bei $101,42^\circ\text{C}$, schmilzt bei $3,82^\circ\text{C}$; seine Dichte beträgt bei 20°C $1,105 \text{ g cm}^{-3}$.

Bedeutung, Verwendung. Infolge der Vielfalt seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften wird W. nach entsprechender Aufbereitung für zahlreiche Zwecke verwendet, z. B. als Trinkwasser, Kühl-, Lösungs- und Reinigungsmittel, in der Energiewirtschaft als Energieüberträger, in der Industrie als Grund- und Hilfsstoff für die Herstellung zahlreicher Produkte. Für pharmazeutische und viele chemische Zwecke verwendet man destilliertes W. (*Aqua destillata*), für medizinische Zwecke oft auch doppelt destilliertes W. (*Aqua redestillata* oder *bidestillata*). Leitfähigkeitswasser (ultrareines W.) für physikalische Leitfähigkeitsmessungen wird aus destilliertem W. nach besonderen Verfahren hergestellt. Schweres W. dient im Kernreaktor als Bremssubstanz (Moderator) und im Labor für chemische und biologische Untersuchungen. Besondere Bedeutung kommt dem W. bei Stoffwechselvorgängen in tierischen und pflanzlichen Organismen zu. Das tierische und pflanzliche Gedeihen ist ohne W. nicht möglich. Die Körpersubstanz des Menschen z. B. besteht zu 60 bis 70 % aus W. W. dient als Ausgangsstoff bei der Photosynthese sowie als Lösungs- und Transportmittel für Nährstoffe. Es ermöglicht die zur Verdauung notwendige hydrolytisch-fermentative Spaltung von Nahrungsmitteln. Der Wasserhaushalt des tierischen Körpers reguliert die Körperwärme.

Wassermangel beeinträchtigt die Lebensfunktionen und führt zu schweren Schädigungen des Organismus.

Über Wasserreinigung \rightarrow Wasseraufbereitung, über Trink- und Gebrauchswasser \rightarrow Wasserversorgung, über die Kraft des W.s \rightarrow Wasserkraft und über ihre technische Ausnutzung \rightarrow Wasserkraftwerk.

Lit. Beger: Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie (Stuttgart 1952); Leick: Das W. in der Industrie und im Haushalt (4. Aufl. Dresden u. Leipzig 1949); Schattenstein u. a.: Isotopenanalyse des W.s, physikalisch-chemische Trenn- und Meßmethoden, Bd 4 (dtisch Berlin 1960); Wukalowitsch: Thermodynamische Eigenschaften des W.s und des Wasserdampfes (dtisch 6. Aufl. Berlin 1958); \rightarrow Wasserversorgung.

Wasseraufbereitung, die Gewinnung eines Wassers von nutzungsgerechter Beschaffenheit aus Grund- oder Oberflächenwässern. Allgemein unterteilt man in Trinkwasseraufbereitung, in Brauchwasseraufbereitung und in W. nach den speziellen Verfahren der Kraftwerkschemie. **Trinkwasser** muß trübstofffrei und farblos sein; es darf keinen unangenehmen Geruch und Geschmack haben. Gelöster Sauerstoff (etwa 6 mg/l), Kohlendioxid sowie Hydrogenkarbonathärte verleihen dem Trinkwasser einen erfrischenden Geschmack. Nitrite und Ammoniak dürfen in ihm höchstens in Spuren enthalten sein. 1 l Trinkwasser soll nicht mehr als 12 mg Kaliumpermanganat zur Oxydation seiner gelösten organischen Inhaltsstoffe benötigen. Die Beschaffenheit des **Brauchwassers** muß dem Nutzungszweck angepaßt werden. Dampfkraftbetriebe benötigen ein härtefreies Wasser, Hochdruckanlagen sind mit sauerstofffreiem Wasser zu betreiben. Textilfabriken, Färbereien, Wäschereien, Großbäckereien, Brauereien und andere Betriebe benötigen ein härtearmes und eisenfreies Wasser. Mangan soll ebenfalls nur in geringen Mengen enthalten sein.

Richtwerte für die Trinkwasserbeschaffenheit

Inhaltsstoffe	zulässige Höchstmenge in mg/l
Eisen	0,1
Mangan	0,05
Zink	5,0
Blei	0,1
Chloridionen	175 ... 300
Nitrationen	20 ... 40
Sulfationen	150 ... 300
Fluoridionen	1,0
einwertige Phenole	0,0001
Sauerstoff	6,0
Chlor	0,1

Der Rohwasserbeschaffenheit sowie dem Verwendungszweck der Reinwässer entsprechend sind zahlreiche chemisch-physikalische und physikalische Aufbereitungsverfahren entwickelt und in der Technik erprobt worden, so daß verschiedene Kombinationen innerhalb der einzelnen Stufen der Grob-, Fein- und Feinstreinigung unter Berücksichtigung des Korrosionsschutzes bei geringem technischem Aufwand, hoher ökonomischer Leistung und optimalem Reinigungseffekt gegeben sind. Wichtige Aufbereitungsverfahren sind unter anderem Entsäuerung, Enteisenung, Entmanganung, \rightarrow Entsalzung, Enthärtung (\rightarrow Härte 2), \rightarrow Schönung, \rightarrow Flocken, Klären (\rightarrow Absetzen), Entkeimung (\rightarrow Oligodynamie), \rightarrow Fluoridierung, \rightarrow Entgasung, Entkieselung. **Wasserbau**, zusammenfassende Bezeichnung für alle Maßnahmen, die dem Schutz gegen die Angriffe des Wassers und der Nutzung des Wassers dienen. Zum W. gehören der \rightarrow **Flußbau** mit Regelung und Uferbefestigung sowie Anlage von Deichen, der **Verkehrswasserbau** mit Herstellung von Binnenwasserstraßen, von Schiffschleusen und Schiffshebewerken, der \rightarrow **Seebau**

einschließlich des Seehafenbaus, der **Wasserkraftausbau** mit dem Bau von Talsperren, Wehren, Wasserfassungen und Kraftwerken, der **landwirtschaftliche W.** mit der Aufgabe der Melioration landwirtschaftlich genutzter und zunutender Ländereien, der **städtische W.** mit Wasserversorgung und Stadtentwässerung einschließlich der Abwasserreinigung.

Das wasserbauliche Versuchswesen befaßt sich mit der modellmäßigen Untersuchung hydraulischer Probleme im Fluß- und Seebau, in der Wasserwirtschaft, der Schifffahrt, im Küstenschutz und in der Industrie, die mathematisch nicht exakt lösbar sind. Um die natürlichen Verhältnisse nachzuahmen, verwendet man Wellenmaschinen, Windmotoren und andere Einrichtungen. Durch Anwendung der Gesetze der Ähnlichkeitsmechanik ergeben sich naturähnliche Strömungsvorgänge, Sedimentbewegungen, Wellenerscheinungen, Druckkräfte u. a. Die Versuche ermöglichen es, bei wasserbaulichen Vorhaben die beste Ausführung zu ermitteln. In der DDR befassen sich mit wasserbaulichen Versuchen die Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau in Berlin und das Hubert-Engels-Flußbaulaboratorium, das dem Institut für Fluß- und Seebau an der TU Dresden angeschlossen ist.

Lit. Hentze: Wasserbau (2 Tle Leipzig 1950); Samarin: Wasserbau (dtisch 2. Aufl. Berlin 1961); Ingenieur-Taschenb. Bauwesen, Bd III Boden – Wasser – Verkehr (Leipzig 1965); Taschenb. für den Hochwasserschutz (Leipzig 1958); Ztschr. Wasserwirtschaft – Wassertechnik (Berlin).

Wasserbombe, ein → Unterseeboot-Abwehrmittel. Die herkömmliche W. besteht aus einem zylindrischen Körper mit einer Sprengladung (50 bis 150 kg) oder auch einer Kernladung (→ Kernwaffen) und ist mit einem auf verschiedene Wassertiefen einstellbaren Zünder versehen. W.n können von Kriegsschiffen aus zum Einsatz kommen; sie werden entweder auf Gleitbahnen vom Heck in das Wasser geworfen oder mit Abschubvorrichtungen (Wasserwerfern) mechanisch mit Druckluft oder einer Treibladung bis 100 m weit in Salven verschossen. Moderne reaktive W.n (W.n mit Raketenantrieb), im Prinzip einfache ungeladene ballistische Raketen, werden aus Salvenwerfern verschossen. Die Reichweite beträgt bis etwa 1 Seemeile. W.n können ferner von Hubschraubern oder Flugzeugen abgeworfen werden.

Wasserchemie, ein Teilgebiet der angewandten Chemie, befaßt sich mit chemischen und physikalischen Eigenschaften der Gewässer (Grund- und Oberflächenwasser sowie das übrige Wasser) einschließlich seiner Inhaltsstoffe. Zum technologischen Teil der W. gehören die chemischen Grundlagen der Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung; einen weiteren speziellen Teil der W. bilden die Methoden und Verfahren der Wasseranalytik.

Wasserdampfstrahlsauger, eine → Vakuum-pumpe.

Wasserdruck, → Belastung.

Wasserenthärtung, → Härte 2).

Wasserfallelektrizität, → Lenard-Effekt.

Wasserfassung, 1) eine Anlage zur Wassergewinnung für Trink- und Brauchwasserzwecke. Man unterscheidet Quellwasser-, Grundwasser-, Regenwasser-, Fluß- und Seewasserfassungen.

2) **Einlaufbauwerk**, eine Anlage zur Ableitung von Wasser aus Staubecken in Werksgräben, besteht aus der über der Sohle des aufgestauten Flusses liegenden Schwelle mit Rechen und Tauchwand, dem Einlaufbecken mit Spülauslaß, der Werksgrabenschwelle und den Einlaufverschlüssen für den Werksgraben.

Wassergas, ein Brenn- oder Synthesegas mit den Hauptbestandteilen Wasserstoff und Kohlenmonoxid. **Kokswassergas** (veraltet **Blauwasser-**

gas) wird durch Vergasen von Hochtemperaturkoks in diskontinuierlich betriebenen Generatoren (Wassergasgeneratoren) erzeugt. Durch Einblasen von Luft (Blaseprozeß) erfolgt das Erhitzen des Vergasungsstoffes auf entsprechend hohe Temperatur. Das entstehende Blasegas wird nach Ausnutzen eines Teils seiner fühlbaren Wärmemenge über Dach abgeleitet. Nach erfolgter Umstellung wird durch Einleiten von Wasserdampf (Gaseprozeß) in den erhitzten Vergasungsstoff ein W. mit der Zusammensetzung 5% Kohlendioxid, 50% Wasserstoff, 40% Kohlenmonoxid und 5% Stickstoff und einer Verbrennungswärme von etwa 2700 kcal m⁻³ i. N. erzeugt. Kokswassergas wird in Gaswerken oder anderen Gaserzeugungsstätten zur Herstellung von Stadtgas benötigt. **Kohlenwassergas** (veraltet **Doppelgas**) ist ein aus Kokswassergas und Entgasungsgas bestehendes Gasgemisch. Als Vergasungsstoff dient Stein- oder Braunkohle. Die Erzeugung erfolgt entsprechend der des Kokswassergases. Wegen des Anteils an Entgasungsgas beträgt die Verbrennungswärme etwa 2000 kcal m⁻³ i. N. Kohlenwassergas wird zu demselben Zweck wie Kokswassergas verwendet. W., das durch Vergasen von Braunkohlenschwelkoks mit einem aus Sauerstoff und Wasserdampf bestehenden Vergasungsmittel in Winkler-Generatoren (Wirbelschichtvergasung) oder durch Teilverbrennung von Erdgas oder flüssigen Kohlenwasserstoffen mit Sauerstoff (Texaco-, Shell-Verfahren) kontinuierlich erzeugt wird, dient als Synthesegas, z. B. für die Fischer-Tropsch-Synthese und das Haber-Bosch-Verfahren. Durch Konvertierung und anschließendes Auswaschen des Kohlendioxids wird aus dem W. reiner Wasserstoff für Hydrierzwecke gewonnen.

Wasserglas, glasig erstarrte Schmelzen oder auch wäßrige Lösungen von Alkalisilikaten. Rohstoffe für **Natronwasserglas** sind kalziniertes Natriumkarbonat Na₂CO₃ und Quarzsand SiO₂, oder wasserfreies Natriumsulfat Na₂SO₄, Reduktionskohle und Quarzsand. Rohstoffe für **Kaliwasserglas** sind kalziniertes Kaliumkarbonat K₂CO₃ und Quarzsand. Die Rohstoffe werden sorgfältig miteinander gemischt und in kontinuierlich arbeitenden gasbeheizten Glasschmelzöfen (Schamotteöfen nach Siemens-Martin) bei 1400 bis 1500 °C geschmolzen. Die erstarrte Schmelze wird **Festglas** genannt und gelangt unter dieser Bezeichnung in gefärbten, glasartigen Stücken in den Handel.

Zur Herstellung von flüssigem W. als klarer, viskoser Flüssigkeit wird das Festglas in rotierenden zylindrischen Stahlbehältern mittels Wassers und Wasserdampfes bei einem Druck von 6 at gelöst. Die erhaltene Rohlösung trennt man von den Verunreinigungen (Wasserglasschlamm) in Filterpressen durch Filtration oder in Klärgefäßen durch Absetzen. Danach bringt man die wasserklare Lösung durch Eindampfen bzw. Zugabe von Natronlauge oder Kalilauge auf die gewünschte Dichte.

Verwendung. Festglas dient zur Herstellung von flüssigem W. und wird als Fluß- und Schmelzmittel verwendet. Flüssiges Natronwasserglas mit einer Dichte von 1,34 bis 1,41 g cm⁻³ dient in vielen Zweigen der chemischen Industrie als Grund- und Hilfsstoff, in der Baustoffindustrie als Befestigungsmittel, als Bindemittel bei der Herstellung von Leichtbau-, Hartfaser- und Dämmplatten, als Hilfsmittel in der Asbest- und Elektroindustrie, zur Herstellung von aktiven Füllstoffen der Gummiindustrie, als Klebmittel für Papier und Pappe, als Füllstoff in der Seifenindustrie und als Waschlösungsmittel, in der Metallindustrie als Korrosionsschutzmittel für Wasserleitungen, als Flammenschutzmittel, in der Textilindustrie als Beiz- und Tränkungsmitel. Flüssiges Natronwasserglas mit einer Dichte von

1,49 bis 1,71 g cm⁻³ wird in den Gießereien als Formstoffbinder (CO₂-Verfahren) und in der Bauintdustrie zum Anrühren von säurebeständigen Kittungen verwendet.

Flüssiges Kaliwasserglas dient als Rohstoff für Imprägnierungs- und Flammenschutzmittel, als Füllstoff für Kaliseifen, als Binde- und Flußmittel in der Schweißelektrodenindustrie, zum Anrühren von säurebeständigen Kittungen in der Bauintdustrie, zum Abdichten von Kalk- und Sandsteinen und als Farbenbindemittel (Malereigewerbe, Kunstmalerei).

Wasserhaltung, 1) die Beseitigung des in eine Baugrube, einen Schacht o. dgl. eingedrungenen oder ständig eindringenden freien Wassers und Grundwassers. Sie erfolgt mit Hilfe von Sammelgräben und Pumpensümpfen, aus denen das Wasser herausgepumpt wird (**offene W.**), bei Sanden und Kiesen durch Grundwasserabsenkung außerhalb der Baugrube mit Hilfe von Rohrburgen in einer oder mehreren Staffeln. Bei tiefen Absenkungen werden Unterwasserpumpen eingesetzt. Bei Feinsanden erfolgt die W. nach der *Wellpointmethode*: Filterrohre von 5 bis 6 cm Durchmesser werden in Abständen von 1 bis 2 m in den Untergrund gespült und an eine Ringleitung angeschlossen. Bei feinkörnigem Untergrund (Schluff, Lehm, Ton) wendet man das Vakuumverfahren oder die Elektroosmose an. Beim Vakuumverfahren wird durch Erzeugung von Unterdruck im Rohrburgen, bei der Elektroosmose durch Einwirkung von Gleichstrom eine Beschleunigung der Wasserabgabe wenig durchlässiger Böden erreicht.

2) eine Fluß- oder Schiffahrtskanalstrecke, die an beiden Enden durch ein Wehr (beim Fluß) oder durch eine Schiffsschleuse (beim Kanal) abgeschlossen ist. **Scheitelhaltung** ist die höchstliegende Strecke eines Schiffahrtskanals (Scheitelkanal), auf der er die Wasserscheide überschreitet.

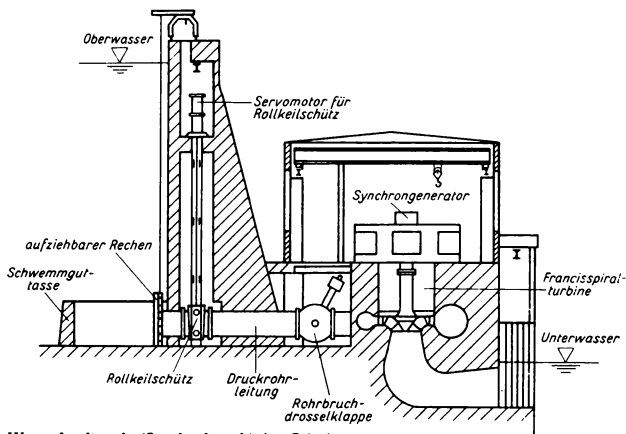
Wasserhärte, → Härte 2).

Wasserhose, eine → Trombe.

Wasserkraft, die potentielle und kinetische Energie, die in ruhendem und strömendem Wasser enthalten ist. Sie wird zum Antrieb von **Wasserkraftmaschinen** (→ Wasserturbine, Wasserrad) nutzbar gemacht.

Wasserkraftwerk (Tafel 38), ein Kraftwerk, das zur Stromerzeugung die potentielle Energie von aufgestautem Wasser nutzt. Der Energieinhalt wird bestimmt von der → Fallhöhe, gebildet aus dem Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser und der Wassermenge je Sekunde (Wasserstrom). Die Energie wird von → Wasserturbinen in mechanische Energie und diese von mit den Wasserturbinen gekoppelten

Generatoren in Elektroenergie umgewandelt. Die erzielbare Leistung ist der Fallhöhe und dem Wasserstrom proportional: $N_e = 9,8 \eta_G Q H_N$ (kW); dabei bedeuten Q = Wasserstrom (m³/s), H_N = Nettofallhöhe (m) = Höhenunterschied abzüglich der durch Reibung verlorenen Fallhöhe, η_G = Gesamtwirkungsgrad des Turbinenaggregates (von 75 % bei kleineren Anlagen bis auf 95 % bei großen Anlagen).



Wasserkraftwerk (Staukraftwerk) im Schnitt

Die Fallhöhe gewinnt man durch Stauung eines fließenden Gewässers (**Staukraftwerk**) oder durch Umleitung des Wassers in einen Seitenkanal (**Umleitungskraftwerk**). Nach der verfügbaren Fallhöhe wird unterschieden zwischen Niederdruck-, Mitteldruck- und Hochdruckkraftwerken.

1) Bei **Niederdruckkraftwerken** (Fallhöhe bis 15 m) wird das Wasser den Turbinen meist direkt in einem Obergraben zugeführt. Niederdruckanlagen gehören zu den Laufkraftwerken, d. h. ihr Leistungsangebot macht die Schwankungen des Wasserstromes mit. Sie stellen Grundlastmaschinen der Energieversorgung dar. a) **Staukraftwerke** sind ausgeführt als Buchten-, Pfeiler- oder Unterwasserkraftwerk. Beim **Buchtenkraftwerk** wird der Fluß durch ein bewegliches Wehr aufgestaut, das im Stromstrich liegt, damit die Hochwasser-, Geröll- und Eisabfuhr glatt vor sich gehen kann. An das Wehr unmittelbar seitlich angebaut liegt in einer Bucht das Kraftwerk mit den Wasserkraftmaschinen. Beim **Pfeilerkraftwerk** sind die Maschinensätze einzeln oder paarweise in die Pfeiler des Wehres eingebaut. Die Wehre sind auch hier beweglich ausgebildet.

Die größten Wasserkraftwerke

Kraftwerk	Fluß	Staat	Leistung (MW)
Lena-Projekt (geplant)	Lena	UdSSR	20000
Sajano-Schuschenskoje*)	Jenissei	UdSSR	6000
Krasnojarsk	Jenissei	UdSSR	5000
Bratsk	Angara	UdSSR	4100
Ust-Ilimsk*)	Angara	UdSSR	4300
Nurek*)	Wachsch	UdSSR	2700
Wolgograd	Wolga	UdSSR	2310
Portage Mountain*)	.	Kanada	2300
John Day*)	.	USA	2170
Assuan (Sadd al-Ali*)	Nil	VAR	2180
Eisernes Tor*)	Donau	Rumänien/Jugoslawien	2136
The Dalles	Columbia River	USA	2080
Chief Joseph	Columbia River	USA	2014
Kuibyschew	Wolga	UdSSR	2000
Grand Coulee	Columbia River	USA	1974
Robert Moses	Niagara	USA	1950

*) im Bau

Pfeilerkraftwerke werden vorzugsweise in engen Tälern gebaut. Beim **Unterwasserkraftwerk** ist das Kraftwerk in die feste, hohle Wehrschwelle eingebaut, die sich über das Tal hinzieht und bei breiteren Tälern durch seitliche Erddämme bis zum Talrand fortgesetzt wird. Auf der Wehrschwelle sitzt eine bewegliche Stauklappe, die bei Hochwasser umgelegt wird. b) Beim **Umleitungskraftwerk** ist der Fluß durch ein Wehr aufgestaut, und das Nutzwasser wird durch einen Obergraben großen Querschnitts (kleine Reibungsverluste!) den Turbinen des im Kanal eingebauten Kraftwerkes zugeführt.

Wasserkraftwerke der DDR (Leistung in kW)

Kriebstein-Talsperre	(Spitzenkraftwerk)	25 800
Hohenwarte-Talsperre	(Laufkraftwerk)	5000
Rappbodetalsperre	(Laufkraftwerk)	2800
Spremberg-Bränschen	(Laufkraftwerk)	1000

2) Bei **Mitteldruckkraftwerken** (Fallhöhe > 15 m bis 60 m) und **Hochdruckkraftwerken** (Fallhöhe > 60 m, derzeitige maximale Fallhöhe etwa 2000 m) wird das Wasser den Wasserturbinen größtenteils oder ausschließlich durch Druckstollen und Druckrohre zugeleitet. Man unterscheidet: a) Talsperrenkraftwerke (Staukraftwerke), bei denen das Wasser dem Speicherbecken einer → Talsperre entnommen wird. Das W. ist meist an der Stauwand oder in dieser selbst angeordnet; b) W.e., die das Wasser natürlichen Geopirnen entnehmen; c) Umleitungskraftwerke an Flüssen mit großem Sohlgefälle (mindestens 1 m/km). Bei den beiden letztgenannten Arten von W.en ist zwischen Zuleitung aus dem Oberwasser und Falleitung zu den Turbinen oft ein → Wasserschloß (Ausgleichsbehälter) zwischengeschaltet.

Besondere Formen des W.s sind das → Pumpspeicherwerk und das → Gezeitenkraftwerk.

Lit. Mosony: W.e., 2 Bde (dtsh Budapest, Bd 1 1956, Bd 2 1962); Preß: Stauanlagen und W.e., Tl 3 (Berlin 1954); Witte: Handb. der Energiewirtschaft, Bd II (Berlin 1960); Ingenieurtaschenbuch Bauwesen, Bd III (Leipzig 1965); → Wasserturbine.

Wasserlinien, theoretisch festgelegte Linien, in denen das Wasser den Rumpf eines Schiffes je nach dessen Tiefgang berührt, → Linienriß.

Wassermessung, die Mengen- und Höhenfeststellung an fließendem und stehendem Wasser.

1) Bei der **Wassermengenummessung** wird die je Zeiteinheit in einem Gerinne o. dgl. durchfließende Wassermenge gemessen. Bei Quellen wird die Zeit gemessen, die zur Füllung eines geeichten Gefäßes erforderlich ist (Gefäßmessung). In frei strömendem Gerinne kann die Messung durch ein geeichtes Meßwehr erfolgen, wobei aus der Wasserhöhe über der Überfallkante die Wassermenge berechnet werden kann (Thomsonüberfall). Bei anderen Verfahren wird die Fließgeschwindigkeit gemessen, aus der dann nach Ermittlung des Durchflußquerschnitts die Wassermenge berechnet werden kann. Die Fließgeschwindigkeit kann durch Bestimmung der Umdrehungszahl eines senkrecht eingetauchten und vom Wasser bewegten Flügels (Woltmannflügel) oder in Venturikanälen gemessen werden. Häufig gelangt das Pitotrohr zur Verwendung, mit dessen Hilfe man einen Punkt der Druck- und Energielinie sichtbar machen kann; aus der Höhendifferenz beider Punkte läßt sich die Fließgeschwindigkeit des Wassers berechnen. Durch Einspritzen einer Salzlösung (Salzwolke) in einen Fluß kann durch Elektroden, die längs der Meßstrecke angeordnet sind, der Durchfluß der Salzwolke und damit auch die Geschwindigkeit des Wassers bestimmt werden (Salzmeßverfahren). Das Salzverdünnungsverfahren wird besonders in Wildbächen angewendet, bei denen der Durchflußquerschnitt schwer festzustellen ist: Dem Wildbach wird Salz in bekannter Menge zuge-

führt; aus dem Sättigungsgrad der Mischung des strömenden Wassers kann man die Durchflußmenge berechnen. Neuerdings wird zur Messung der Fließgeschwindigkeit auch die Isotopenmethode angewendet: In das Wasser gibt man radioaktive Isotope mit kurzer Halbwertszeit und nicht zu großer biologischer Wirksamkeit. An der Meßstelle wird die Aktivität in Abhängigkeit von der Zeit registriert; die Fließgeschwindigkeit wird analog dem Salzmeßverfahren, die Durchflußmenge analog dem Salzverdünnungsverfahren bestimmt. Die Messung der Fließgeschwindigkeit in Flüssen und Gerinnen kann auch mit Hilfe von Schwimmern erfolgen, deren Durchflußzeit auf einer Meßstrecke abgestoppt wird. In geschlossenen Rohrleitungen verwendet man Wasserzähler, Woltmannflügel, Meßblenden, Venturiröhre, Hitzdrahtmeßgeräte u. a. Bei Grundwasserströmen erfolgt die Mengenummessung durch Bestimmung der Fließgeschwindigkeit zwischen zwei Pegeln durch Zugabe von Farbstoffen, Salzen oder Isotopen. Neueste Methoden benutzen einen Pegel bei Anwendung der Hitzdraht- oder Isotopenmessung.

2) Die **Wasserstandsmessung** erfolgt mit Hilfe eines → Pegels. Grundwasserstandsmessungen in Brunnen werden mit Brunnenpeife, Lichtlot oder Schreibpegeln vorgenommen.

Lit. Böhrer u. Rathke: Handb. der W. (Berlin 1966); Weckmann: Hydrologie (Berlin 1964).

Wasserreinigung, → Wasseraufbereitung. → Abwasser.

Wassersäule, Kurzsz. WS, nur zulässig zur Bezeichnung für die Druckeinheiten → Millimeter Wassersäule, → Zentimeter Wassersäule und → Meter Wassersäule.

Wasserschalltechnik, swv. → Hydroakustik. **Wasserscheide**, → Abfluß.

Wasserschlag, das schlagartige Zusammenfallen eines dampfgefüllten Hohlraumes. Der Hohlraum bildet sich, wenn in einem Rohr der Druck unter den Dampfdruck sinkt. Er trennt die Flüssigkeitssäule. Bei erneutem Druckanstieg stürzt der Hohlraum plötzlich zusammen, und es kommt zum W., bei dem hohe Druckstöße auftreten, die die Rohrleitung gefährden können.

Wasserschloß, eine Anlage zur Verringerung des Druckstoßes in Druckrohrleitungen. Es wird meist an starken Gefälleknicken der Druckrohrleitungen (Abbildung → Pumpspeicherwerk) oder zwischen Druckstollen und Druckrohrleitungen bzw. Druckschacht eingebaut. Grundsätzlich unterscheidet man Schachtwasserschloß, Kammerwasserschloß und W. mit Dämpfungswiderstand. Auch Kombinationen zwischen den drei Grundarten werden angewendet.

Wasserschöpfer, ein meereskundliches Gerät zur Entnahme von Wasserproben aus beliebigen Tiefen. Der W., ein zylinderförmiger Behälter, wird an einem Draht hinabgelassen und im allgemeinen in der Beobachtungstiefe durch ein am Draht nachgleitendes Fallgewicht geschlossen. Es werden meist mehrere untereinanderhängende W. gleichzeitig versenkt. Am W. ist oft ein Kippthermometer befestigt.

Wassersprung, → Strömungslehre.

Wasserstand, 1) die Höhe des Wasserspiegels eines stehenden oder fließenden Gewässers über oder unter einem angenommenen Nullpunkt, gemessen mit Hilfe eines → Pegels. Man unterscheidet: Niedrigwasser (NW), Mittelwasser (MW) und Hochwasser (HW). Der absolute Höchstwasserstand eines bestimmten Zeitraumes wird mit HHW, das mittlere Hochwasser, d. h. das Mittel der Höchstwerte eines Zeitraumes (Mittelbildung wie bei MW), mit MHW bezeichnet. In entsprechender Weise bedeutet NNW den absoluten Tiefwert, MNW das mittlere Niedrigwasser. Der Zentralwert ZW, auch gewöhnlicher Wert genannt, ist der W., der an ebensoviele

Tagen eines Zeitraumes überschritten wie nicht erreicht wird. Oft erscheint im Index von HHW oder NNW eine Zahl, z. B. 100, 1000, 10000, die bedeutet, daß dieser Wasserstand in einem Zeitraum von 100, 1000 oder 10000 Jahren wahrscheinlich einmal auftritt. Über den W. an Meeresküsten mit Gezeiten → Gezeiten.

2) der Stand des Wassers in einem Dampfkessel. Er ist abzulesen am Wasserstandanzeiger, einem senkrechten Glasrohr, das durch zwei Anschlußstutzen mit dem Kesselinneren verbunden ist.

Wasserstoff, Symbol **H** [von Hydrogenium], leichtestes chemisches Element; Ordnungszahl 1, Massenzahlen der Isotope 1 (→ Protium, 99,984 %), 2 (→ Deuterium, 0,016 %), 3 (→ Tritium, <10⁻¹⁰ %), Atomgewicht (bezogen auf ¹²C) 1,00797 ± 0,00001, Wertigkeit 1, D. 0,089870 · 10⁻³ g cm⁻³ bei 0 °C und 760 Torr, F. -259,4 °C, Kp. -252,8 °C, kritische Temperatur -239,9 °C, kritischer Druck 12,8 atm, kritische D. 0,031 g cm⁻³; 1786 entdeckt von Cavendish. W. ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Er ist bei normaler Temperatur zweiatomig und wird daher genauer als **Diwasserstoff** H₂ bezeichnet. Unter besonderen Bedingungen bildet sich atomarer W. (**Monowasserstoff**, W. in statu nascendi, **naszierender W.**), der bedeutend reaktionsfähiger als der Diwasserstoff ist. Man unterscheidet zwei Arten von Wasserstoffmolekülen, je nachdem, ob der Spin beider Kerne gleichgerichtet (**Orthowasserstoff**) oder entgegengerichtet (**Parawasserstoff**) ist. Die chemischen Reaktionen sind – im Gegensatz zu vielen physikalischen – völlig gleich. Natürliches Wasserstoffgas besteht aus einem Gemisch beider Modifikationen. W. wirkt stark reduzierend. Er hat das höchste Effusions- und Diffusionsvermögen aller Gase. In Wasser löst sich W. allerdings nur wenig. Bei der Abspaltung von Elektronen bildet das zurückgebliebene Proton durch Anlagerung an ein Wassermolekül das Hydroniumion. W. verbrennt mit sehr heißer, metallblauer Flamme zu Wasser. Im Gemisch mit Sauerstoff reagiert W. nach Entzünden meist explosionsartig (→ Knallgas). Die Anlagerung von W. an Elemente oder Verbindungen bezeichnet man als → Hydrierung, die Abspaltung von W. aus Verbindungen als → Dehydrierung.

In der Natur ist W. weit verbreitet. Elementar kommt er spurenweise in den unteren, als Hauptbestandteil in den obersten Schichten der Atmosphäre vor. In chemisch gebundener Form ist W. hauptsächlich in Wasser enthalten, ferner in organischen Verbindungen, in Säuren, Basen und sauren Salzen. Im Labor gewinnt man W. am häufigsten durch Umsetzung unedler Metalle (z. B. Zink und Eisen) mit nichtoxydierenden Säuren (z. B. Salzsäure) im Kippchen Apparat, in der Technik durch die Zersetzung von Wasserdampf durch Koks oberhalb 1000 °C oder durch Elektrolyse von Alkalichloridlösungen oder Wasser. W. kommt in durch roten Anstrich gekennzeichneten Stahlflaschen unter einem Druck von 150 at in den Handel.

W. wird sehr vielseitig verwendet, z. B. zur Ammoniaksynthese, zur Kohlehydrierung und Fetthärtung, zur Gewinnung von Chlorwasserstoff und Methanol, als Reduktionsmittel bei der Gewinnung von Metallen aus ihren Oxiden, zum Schmelzschweißen und als Schutzgas. In steigendem Maße dient W. als Kühlmittel für Generatoren, Elektromotoren u. a. Flüssiger W. wird z. B. in der Vakuumtechnik, zum Nachweis von Elementarteilchen in der Blasenkammer und zur Kühlung von elektronischen Bauelementen eingesetzt.

Über Wasserstoffverbindungen → Hydride.

Wasserstoffbombe, → Kernwaffen.

Wasserstoffionenkonzentration, → pH-Wert.

Wasserstoffperoxid, früher **Wasserstoffsäureperoxid**, H₂O₂, eine farblose, sirupartige, leicht zersetzliche Flüssigkeit (Kp. 157,8 °C, F. -0,9 °C). Mit Wasser ist W. mischbar. Es findet sich in Spuren im Regen und Schnee und entsteht bei der Oxydation anorganischer und organischer Stoffe an der Luft und bei vielen biologischen Oxydationsprozessen. Großtechnisch wird es durch Elektrolyse von Ammoniumhydrogensulfatlösung über Ammoniumperoxodisulfat und Peroxodischwefelsäure hergestellt; im Labor durch Einwirken von kalter, verdünnter Schwefelsäure auf Bariumperoxid. Gehandelt wird W. als 3 %ige oder 30 %ige Lösung (Wz. für letztere in Westdeutschland Perhydrol), meist mit Zusatz von Stabilisatoren. Auf Grund seines Oxydationsvermögens wird W. hauptsächlich zum Bleichen verwendet, z. B. von Natur- und Kunstfaserstoffen, Fellen, Holz, Papier, Elfenbein, Wachs und Seife. Große Mengen werden zur Herstellung von Peroxidhydraten benötigt, die in vielen modernen Wasch- und Bleichmitteln enthalten sind. Ferner benutzt man W. als Desinfektionsmittel, zur intravenösen Sauerstofftherapie und zur örtlichen Sauerstoffanreicherung in der Zahnheilkunde, zum Blondieren des Haars und als Katalysator bei der Polymerisation von Plasten. 80- bis 100 %iges W. wird in Raketen zur Oxydation des als Treibstoff dienenden Methanols oder Hydrazinhydrats verwendet.

Wasserstoffspektrum, das Spektrum des durch elektrische Entladung angeregten Wasserstoffgases. Es besteht aus verschiedenen charakteristischen Spektren. Man unterscheidet: 1) **Linienpektrum** (Spektrum des atomaren Wasserstoffs), das eine einfache Gesetzmäßigkeit zeigt. Zur Berechnung der Wellenlängen der Einzellinien hat der Schweizer J. J. Balmer eine Formel (**Balmerformel**) für die reziproken Wellenlängen (λ, gemessen in cm) experimentell gefunden:

$$\frac{1}{\lambda} = f^* = R \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right], \text{ wobei } n = 3, 4, 5 \dots$$

(f* = Wellenzahl der beobachteten Linie in cm⁻¹, n = Laufzahl, eine ganze Zahl ≥ 3, R = Rydbergkonstante mit dem Wert 1,097373 · 10⁵ cm⁻¹). Die Begründung der Balmerformel liefert erst die Bohrsche Atomtheorie. Heute wird die Balmerformel mit Hilfe der Quantenmechanik begründet. In den folgenden Jahren zeigte sich, daß die Balmerformel nicht nur für die anfänglich bekannten Linien mit großer Genauigkeit gilt, sondern auch für zahlreiche weitere Linien des atomaren Wasserstoffes, die z. T. in dem Licht der Fixsterne gefunden wurden (bis n = 16). Außerdem entdeckte man neue Spektralserien, die sich durch analoge Formeln darstellen lassen, und zwar a) die im Ultraviolett

gelegene **Lyman-Serie**: $f^* = R \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right]$,

wobei n = 2, 3, 4, ...; b) die im Infrarot gelegene **Paschen-Serie** (zuweilen auch **Ritz-Paschen-Serie** genannt): $f^* = R \left[\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right]$,

wobei n = 4, 5, 6, ...; c) die im Infrarot gelegene **Brackett-Serie**: $f^* = R \left[\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right]$,

wobei n = 5, 6, 7, ... d) Schließlich wurde von Pfund 1924 noch eine Linie im Infraroten entdeckt, die die erste Linie der **Pfund-Serie** darstellt: $f^* = R \left[\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right]$,

wobei n = 6, 7, 8, ...

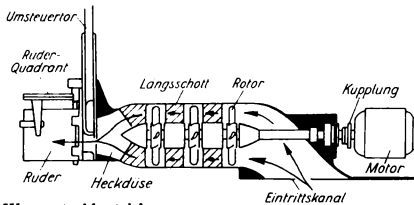
Die Formeln für die einzelnen Spektralserien des Wasserstoffes lassen erkennen, daß man alle Linien mit einer einzigen Formel darstellen

kann: $f^* = R \left[\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right]$. Dabei muß die Laufzahl n stets größer sein als die die Serie charakte-

risierende Zahl m . Mit größer werdendem n häufen sich die Spektrallinien und laufen für $n \rightarrow \infty$ der Seriegrenze $f^* = \frac{R}{m^2}$ zu. Schreibt man die letzte Formel in der Form $f^* = \frac{R}{m^2} - \frac{R}{n^2} = T_m - T_n$, so heißen die Größen T_m und T_n **Spektralterm**. Man erhält also die Wellenzahl jeder Spektrallinie aus der Differenz zweier Spektraltermen (Rydberg-Ritzsches Kombinationsprinzip). Die Deutung dieser Termdifferenzen gelang Bohr, indem er die angeführten Gleichungen mit hc multiplizierte (h = Plancksches Wirkungsquantum, c = Lichtgeschwindigkeit); man erhält dann links hf und rechts eine Energiedifferenz, also $hf = \Delta E$. Hieraus zog Bohr den Schluß, daß sich die Elektronen in einem Atom, das nicht strahlt, in stationären (d.h. gleichbleibenden) Zuständen mit bestimmten Energiewerten befinden. Wenn eine Strahlung entsteht, so ändert sich die Energie sprunghaft; für die Frequenz f der Strahlung gilt stets $\Delta E = hf$.

2) Kontinuierliche Spektren, die sich an den Seriegrenzen anschließen und vom positiven Wasserstoffion und von dem abgetrennten Elektron herrühren. 3) Ein Viellinienspektrum im Sichtbaren und Ultraviolett, das von den Molekülen H_2 und H_2^+ -Ionen herrührt. 4) Kontinuierliche Spektren im Ultraviolett, die vom H_2 -Molekül stammen. 5) Ein intensives Kontinuum im Infraroten, Sichtbaren und nahen Ultraviolett, dessen Erzeuger das negative Wasserstoffion H^- ist.

Wasserstrahlantrieb, im Englischen *hydrojet*, eine Antriebsanlage für Boote und Schwimmpanzer. Beim W. wird Wasser von einer Pumpe angesaugt und durch eine Düse am Heck wieder ausgestoßen, so daß sich das Fahrzeug nach dem Rückstoßprinzip vorwärtsbewegt. Die Heckdüse ist mitunter schwenkbar und dient dann zugleich als Ruder. Wird ein Umsteuertor in die Heckdüse abgesenkt, so ergibt sich ein Rückwärtsschub.



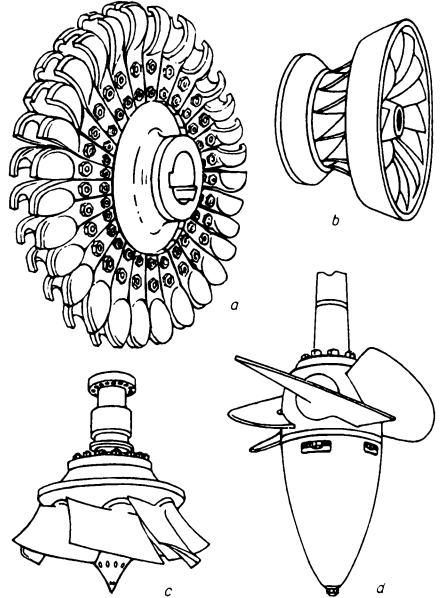
Wasserstrahlantrieb

Wasserstrahlpumpe, → Pumpe, → Vakuumpumpe.

Wasserturbine (Tafel 38), die wichtigste Wasserkraftmaschine. Die W. dient der Erzeugung von elektrischer Energie (→ Wasserkraftwerk), kann aber auch zum direkten Antrieb von Arbeitsmaschinen, z. B. Mühlen, Pumpen, Papiermaschinen, verwendet werden. In der W. wird die mechanische Energie des durch Rohrleitungen oder offene Gerinne zugeleiteten Wassers in mechanische Energie (rotierendes Laufrad) umgewandelt.

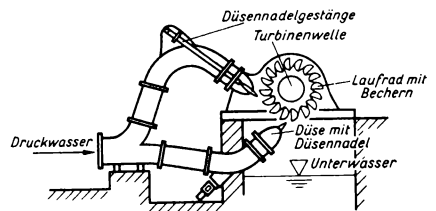
Die Laufräder (Abb. 1) sind fest auf die Turbinenwellen aufgesetzt, die meist direkt oder über Getriebe mit den anzutreibenden Maschinen (Generator u. a.) gekoppelt sind. Zur Einstellung der jeweils gewünschten Leistung werden meist automatische Regler verwendet, mit deren Hilfe die Wassermengen verändert werden können. Nur die potentielle Energie des Wassers ist für Wasserkraftnutzung von praktischer Bedeutung; die kinetische Energie, ge-

kennzeichnet durch die Fließgeschwindigkeit, ist demgegenüber vernachlässigbar klein. Die Leistung ist eine Funktion aus Wasserstrom (m^3/s) und Fallhöhe (m).



1 Laufradformen von Wasserturbinen: a) Laufrad einer Peltonurbine, b) Laufrad einer Francisurbine, c) Laufrad einer Deriazurbinen, d) Laufrad einer Kaplanurbine

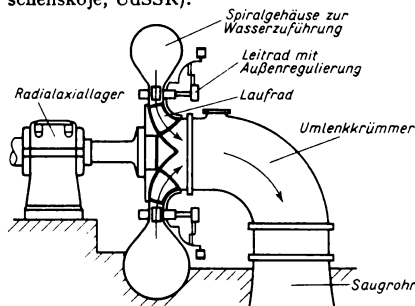
W.n können eingeteilt werden in Gleichdruck- und Überdruckturbinen. 1) Bei **Gleichdruckturbinen** erfolgt die Umsetzung der potentiellen Energie bereits vor dem Laufrad. Die wichtigste Gleichdruckturbine ist die 1890 von Pelton entwickelte **Peltonurbine** (Abb. 2), die mit Fallhöhen von 100 bis etwa 2000 m arbeitet. Das zuströmende Wasser tritt durch eine oder mehrere Düsen mit großer Geschwindigkeit aus und trifft als freier Strahl tangential auf ein Rad, das am Umfang becherförmige Schaufeln mit einer Schneide in der Mitte trägt (Peltonrad). Hierdurch wird der Wasserstrahl in zwei Halbschalen zerteilt, die die Schaufelmulden durchfließen und ihre Energie an das Laufrad abgeben. Nach dem Austritt aus den Schaufeln fällt das Wasser frei in den Untergraben. Die Düsen können durch eine Nadel geschlossen werden; hiermit wird die W. geregelt. Der maximale Wirkungsgrad von Peltonurbinen beträgt etwa 90 %, die größte Einzelleistung etwa 110 MW (Wasserkraftwerk Moncenisio, Italien).



2 Peltonurbine

2) Bei **Überdruckturbinen** geht im Gegensatz zu den Gleichdruckturbinen die Umsetzung der potentiellen Energie im Laufrad vor sich. a) Für Wasserkraftanlagen mit Fallhöhen bis etwa 450 m eignet sich am besten die 1849 von Francis

entwickelte **Francisturbine** (Abb. 3). Sie ist für Fallhöhen bis etwa 15 m als Schachtturbine, für größere Fallhöhen als Spiralturbine ausgeführt. Bei der Schachtturbine strömt das Wasser zunächst in einen Betonschacht, bei der Spiralturbine in ein Spiralgehäuse. Im Inneren des Schachtes oder des Spiralgehäuses befindet sich das Leitrad, ausgeführt als Kranz mit schräggestellten drehbaren Schaufeln. Das Leitrad gibt dem Wasser eine bestimmte Richtung zum Laufrad (Drall) und wandelt potentielle Energie in kinetische Energie um. Das Laufrad befindet sich innerhalb des Leitrades und besitzt räumlich gekrümmte Schaufeln. Infolge dieser Krümmung wird das radial eintretende Wasser stetig bis zum axialen Austritt umgelenkt und versetzt das Laufrad in Umdrehungen. Hinter dem Laufradaustritt gelangt das Wasser über einen Umlenkkrümmen in ein konisch erweitertes Saugrohr, in dem die kinetische Energie in potentielle Energie umgewandelt wird. Der beste Wirkungsgrad von Francisturbinen beträgt ebenfalls oft über 90 %, die größte Einzelleistung etwa 600 MW (Wasserkraftwerk Sajano-Schuschenskoye, UdSSR).

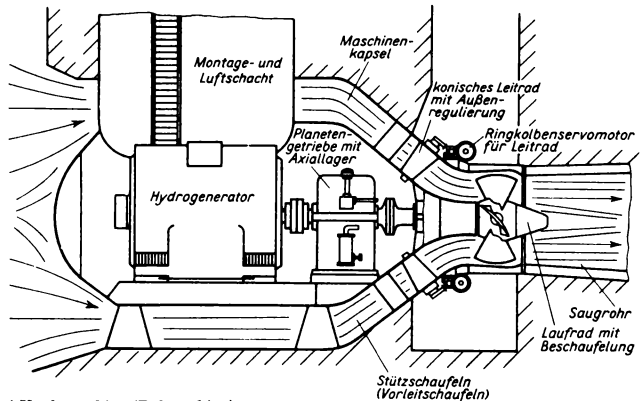


3 Francisturbine (Spiralturbine)

Die Weiterentwicklung der Francisturbine führte zu der 1952 von D'riaz erfundenen **Dériazturbine**. Ihr Laufrad besitzt drehbare Laufschaufeln, die mittels einer Regeleinrichtung in Abhängigkeit von der Stellung der Schaufeln des Leitrades so eingestellt werden, daß jeweils die bestmögliche Energieumsetzung erfolgt. Diese W.n lassen sich als Turbinen oder Pumpen reversibel einsetzen und haben dadurch besondere Bedeutung für die Pumpspeicherung. Die größte Einzelleistung beträgt 80 MW (Wasserkraftwerk Valdecáñas, Spanien).

b) Die ab 1912 von Kaplan entwickelte **Kaplanturbine** wird vorzugsweise für Wasserkraftanlagen mit Fallhöhen bis etwa 80 m und mit größeren Schwankungen in der Wassermenge eingesetzt. Die Kaplanturbine zeichnet sich durch nahezu gleichmäßig hohen Wirkungsgrad, (auch im Teillastgebiet), hohe Schnellläufigkeit und Überlastbarkeit durch Überöffnung aus. Die Kaplanturbine kann als Schachtturbine (Schacht meist spiralförmig ausgebildet) oder als Spiralturbine gebaut sein. Das Betriebswasser wird dem Laufrad über ein Leitrad radial zugeführt. Nach dem Leitrad durchströmt es einen schaufellosen Ringraum, in dem es in axiale Richtung umgelenkt und dem Laufrad zugeführt wird. Dieses besitzt 4 bis 11 flügelähnliche verstellbare Schaufeln. Der Austritt erfolgt im Auslegungspunkt ebenfalls axial in ein sich stetig erweiterndes Saugrohr, das meist als Saugkrümmen ausgebildet ist und in dem die noch vorhandene kinetische Energie zur Verbesserung des Wirkungsgrades in potentielle Energie rückverwandelt wird. Vom Saugrohr aus wird das Wasser dem Unterwassergraben zugeleitet. Neuerdings werden Kaplanturbinen häufig als Rohr-

turbinen gebaut (Abb. 4), wobei das Wasser dem Leit- und dem Laufrad axial zuströmt. Die Rohrturbine benötigt einen geringeren Tiefbauteil. Der Wirkungsgrad von Kaplanturbinen beträgt meist über 90 %, die größte Einzelleistung 118 MW (Wasserkraftwerk Rocky Beach, USA), bei Kaplan-Rohrturbinen 35 MW (Wasserkraftwerk Beaucaire, Frankreich).



4 Kaplanturbine (Rohrturbine)

Zu den Kaplanturbinen im weiteren Sinne gehört die **Propellerturbine**, die nur selten verwendet wird. Sie besitzt ebenfalls flügelähnliche Laufschaufeln, die aber fest eingebaut sind.

Lit. Albring u. Lindner: Wasserkraftmaschinen, Lehrbriefe für das Fernstudium, 2. Ausgabe (Berlin 1966); Ludin, Wasserkraftanlagen, 2 Bde (Berlin, Bd 1 1955, Bd 2 1958); Quantz u. Meerwarth: Wasserkraftmaschinen (11. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963); Thiel: Wasserkraftanlagen, Wasserkraftmaschinen, Lehrwerk für das Ingenieur-Fernstudium, T11 und 2 (Karl-Marx-Stadt 1967); → Wasserkraftwerk.

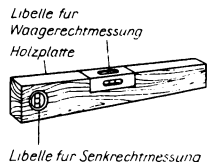
Wasserturm, → Wasserversorgung.

Wasseruhr, fälschliche Bezeichnung für → Wasserzähler.

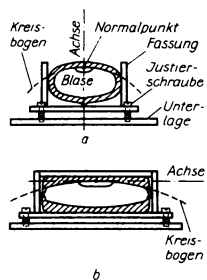
Wasserverdrängung, diejenige Menge Wasser, die ein schwimmendes Schiff mit dem eingetauchten Teil seines Rumpfes verdrängt, in m³ gemessen. Meist wird jedoch die Masse dieser Wassermenge und damit die Schiffsmasse, das **Displacement** (in t, nur bei ausländischen Schiffen bisweilen in tons zu 1016 kg), angegeben, das sich durch Multiplikation mit der Dichte des Wassers ergibt. Das Displacement als Größenangabe ist vor allem für Kriegsschiffe üblich, wobei man Typen-, Konstruktions- und Maximaldisplacement unterscheidet.

Wasserversorgung, die Bereitstellung von Trink- und Brauchwasser für Bevölkerung, Industrie, Landwirtschaft, Verkehrswesen und für andere Zwecke in ausreichender Menge und entsprechender Güte. Aus hygienischen Gründen ist man heute bemüht, für die Trinkwasserversorgung echte oder unechte Grundwässer – letztere entstanden durch Uferfiltration oder Infiltration – heranzuziehen. In Gebieten größeren Grundwassermangels dienen als Speicher zur W. Talsperren. Bei hochliegenden Quellen fließt das Wasser in Sammelstollen mit natürlichem Gefälle den Versorgungsquellen zu. Die Wasserentnahme zur Brauchwasserversorgung erfolgt überwiegend aus Oberflächenwasser, vor allem aus Flüssen. Das Wasser wird mit Pumpen in die Wasseraufbereitungsanlagen gefördert, und bei hygienisch einwandfreier Beschaffenheit wird es dann direkt zur Speicherung vom Wasserwerk in Speicherräume (z. B. Hochbehälter, Wassertürme) geleitet. Die Förderung und Ver-

Wasserwaage



1 Einfache Wasserwaage



2 Dosenlibelle (a) und Röhrenlibelle (b) im Schnitt

teilung des Roh- und Reinwassers erfolgt in verdrehten Rohrleitungen.

Lit. Hauschild: Wasserversorgungsanlagen (3. Aufl. Berlin 1967); Ztschr. Wasserwirtschaft — Wassertechnik (Berlin).

Wasserwaage, ein Gerät zum Prüfen und Bestimmen der waagerechten oder senkrechten Lage einer Ebene. Die einfache W. (Abb. 1) besteht aus einem quaderförmigen Holzkörper mit eingesetztem Glasröhrchen, der **Libelle**, die bis auf eine kleine Gasblase mit einer leichtbeweglichen Flüssigkeit (Äther oder Alkohol) gefüllt ist. Bei waagerechter Stellung befindet sich die Blase genau in der Mitte.

Zur genaueren Horizontierung oder Vertikalstellung von Ebenen und Geräteachsen benutzt man empfindlichere W.n, die **Libellen** (Abb. 2). Man unterscheidet **Dosenlibellen**, runde, innen kugelförmig ausgeschliffene Glasgefäße, und **Röhrenlibellen** von länglich zylindrischer Gestalt, die innen tonnenförmig geschliffen sind. Die Glaskörper sind in Metallfassungen eingekittet. Je flacher der Schliffbogen ist, um so weiter entfernt sich die Blase (Libellenblase) bei einer Neigung der Libelle von ihrer Ausgangsstellung. Den Winkel, um den eine Libelle geneigt werden muß, damit die Blase einen Weg von 2 mm zurücklegt, bezeichnet man als **Empfindlichkeit** oder **Angabe** der Libelle. Bei Dosenlibellen beträgt die Empfindlichkeit 20' bis 2'', bei Röhrenlibellen 1' bis 5''. Röhrenlibellen sind mit einer 2-mm-Teilung versehen. Man kann damit bei bekannter Empfindlichkeit kleine Neigungen messen. Um die Libellenachse (bei Dosenlibellen die Senkrechte, bei Röhrenlibellen die Waagerechte im Normalpunkt) in bezug auf andere Achsen oder Ebenen möglichst einrichten zu können, kann die den Glaskörper enthaltende Fassung mittels Justierschrauben gegenüber der Unterlage um kleine Beträge verändert werden.

Wasserwerk, → Wasserversorgung.

Wasserwert, die → Wärmekapazität von Apparateanteilen, vor allem bei Kalorimetern. Der W. muß bei Messungen mit dem Mischungskalorimeter berücksichtigt werden.

Wasserzähler, **Wassermengensmesser**, fälschlich auch **Wasseruhr**, ein Gerät zum fortlaufenden Zählen der durch eine Rohrleitung fließenden Wassermenge. Für Hausanschlüsse verwendet man insbesondere die **Flügelradzähler**. Je nach der durchfließenden Menge dreht sich ein Flügelrad schneller oder langsamer. Die Umdrehungen werden auf ein Zählwerk übertragen. **Scheibenzähler** benutzen die Umdrehungen einer kugelförmig gelagerten Taumelscheibe. **Kapselmesser** arbeiten mit oszillierenden Ringkolben, deren Bewegung durch die Druckdifferenz der durchgesetzten Flüssigkeit zwischen Ein- und Austritt hervorgerufen wird. Ähnlich arbeiten **Ovalradzähler**, bei denen zwei ovale, verzahnte Kolben in zwei nebeneinanderliegenden Zylindern ohne zu gleiten aufeinander abwälzen.

Wasserzeichen, durchscheinende Zeichen im Papier. Sie dienen bei Banknoten, Wertpapieren und Briefmarken zur Sicherung gegen Fälschung, sonst als Kennzeichen für die Herkunft des Papiers. W. werden bei Büttenpapieren dadurch erzeugt, daß auf der Siebform, mit der das Papier bei der Herstellung geschöpft wird, metallene Muster aufgelötet sind, die im Papier eine dünnere Stelle ergeben. Beim Maschinenpapier werden sie auf der Siebpartie eingepreßt (→ Papier).

Waterproof, ein wasserdichtes → Leder.

Watt, 1) Kurzz. W, nach dem englischen Ingenieur J. Watt benannte gesetzliche Einheit der Leistung. $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ (Joule/Sekunde). Bei Angabe elektrischer Scheinleistungen darf statt des W. auch das Voltampere, bei Angabe elektrischer Blindleistungen auch das Var benutzt

werden. **Kilowatt**, Kurzz. kW, $= 10^3 \text{ W}$. **Megawatt**, Kurzz. MW, $= 10^6 \text{ W}$. **Gigawatt**, Kurzz. GW, $= 10^9 \text{ W}$. **Terawatt**, Kurzz. TW $= 10^{12} \text{ W}$. **Milliwatt**, Kurzz. mW, $= 10^{-3} \text{ W}$. **Mikrowatt**, Kurzz. μW , $= 10^{-6} \text{ W}$. **Picowatt**, Kurzz. pW, $= 10^{-12} \text{ W}$.

2) ein an flachen Gezeitenküsten liegender Streifen des Meeresbodens. Bei Hochwasser ist das W. vom **Wattenmeer** überspült, bei Niedrigwasser liegt es trocken. Die das W. durchziehenden Ab- und Zuflußbrinnen bezeichnet man als **Priele**.

Wattmeter, svw. → elektrischer Leistungsmesser.

Wattsekunde, Kurzz. Ws, gesetzliche Einheit der Arbeit, Energie und Wärmemenge, gleichbedeutend mit Joule und Newtonmeter; Weiteres → Joule. $1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$ (Joule) $= 1 \text{ Nm}$ (Newtonmeter). **Milliwattsekunde**, Kurzz. mWs, $= 10^{-3} \text{ Ws}$.

Wattstunde, Kurzz. Wh, gesetzliche Einheit der Arbeit, Energie und Wärme. $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Ws}$ (Wattsekunden) $= 3,6 \cdot 10^3 \text{ J}$. **Kilowattstunde**, Kurzz. kWh, $= 10^3 \text{ Wh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$. **Megawattstunde**, Kurzz. MWh, $= 10^6 \text{ Wh} = 3,6 \cdot 10^9 \text{ J}$. **Gigawattstunde**, Kurzz. GWh, $= 10^9 \text{ Wh} = 3,6 \cdot 10^{12} \text{ J}$. **Terawattstunde**, Kurzz. TWh, $= 10^{12} \text{ Wh} = 3,6 \cdot 10^{15} \text{ J}$.

Wb, Kurzz. für → Weber.

Weber, Kurzz. Wb, nach dem deutschen Physiker W. Weber benannte gesetzliche Einheit des magnetischen Flusses oder Induktionsflusses. W. ist gleichbedeutend mit **Voltsekunde**, Kurzz. Vs. Das W. oder die Voltsekunde ist der magnetische Fluß, der in einer ihn umschlingenden Windung die elektrische Spannung 1 Volt induziert, wenn er während der Zeit 1 Sekunde gleichmäßig auf Null abnimmt, $1 \text{ Wb} = 1 \text{ Vs}$. **Milliweber**, Kurzz. mWb, $= 10^{-3} \text{ Wb}$. **Millivoltsekunde**, Kurzz. mVs, $= 10^{-3} \text{ Vs}$. **Mikrovoltsekunde**, Kurzz. μVs , $= 10^{-6} \text{ Vs}$.

Weberei (Tafel 35), ein Zweig der Textiltechnik, umfaßt die Herstellung von → Gewebe. In der Webereivorbereitung werden die Fäden in eine für das Weben geeignete Anordnung gebracht. Der Schußfaden, d. h. der im Gewebe quer verlaufende Faden, wird auf Spulmaschinen oder vielfach auf Schußspulautomaten zu **Schußspulen** umgespult, die in den → Webschützen eingelegt werden. Von Kettfäden werden mittels Kettfadenspulmaschinen oder Kreuzspulautomaten große Kettfadenspulen hergestellt, aus denen durch → Zetteln oder → Schären die Kette entsteht, d. h. die Gesamtheit der im Gewebe längs verlaufenden Fäden. Empfindliche Kettfäden werden geschlittet (→ Schlitten). Sehr grobe Kettfäden werden direkt von Spulen in Gattern (Kantergestell) hinter oder über der Webmaschine verwebt.

Das Weben erfolgt heute meist auf **Webmaschinen** (früher auch als mechanische Webstühle bezeichnet). Die vom Kettbaum kommende, über Streichbaum und Kreuzstäbe geführte Kette wird der → Bindung entsprechend auf Webschäfte verteilt. Auf dem Rahmen der Webschäfte sind die Weblitzen senkrecht aufgereiht, d. s. Fäden, Stahldrähte oder Flachstahl mit einem Auge (Öhr), durch das je ein Kettfaden gezogen wird. Durch Heben und/oder Senken der Webschäfte wird jeweils ein Teil der Kettfäden nach oben oder nach unten bewegt, so daß die Kette ein Fach bildet. Für das einfachste Gewebe mit Leinwandbindung sind zwei Webschäfte erforderlich. In das Fach wird der im Webschützen befindliche Schußfaden eingetragen und von der schwingenden Weblade mit dem Webblatt an den Rand des bereits fertigen Gewebes angeschlagen. Das Webblatt (Blatt, Riet) ist ein rechteckiger Rahmen mit senkrechten

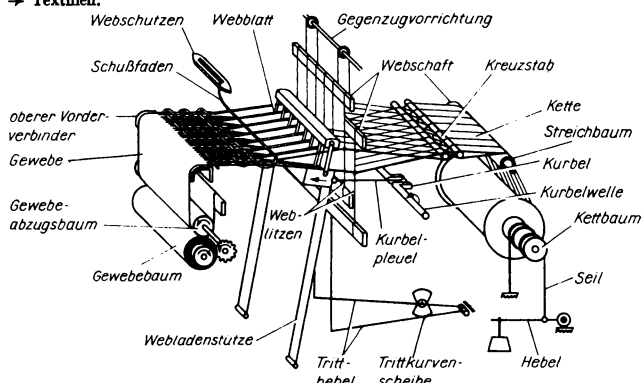
Blattstäben zur Führung der Kettfäden und des Schützens. Dann wird ein neues Fach mit einer anderen Stellung der Kettfäden zueinander gebildet und der nächste Schuß eingetragen usw. Das fertige Gewebe wird über den oberen Vorderverbinder vom Gewebeabzugsbaum abgezogen und auf den Gewebebaum gewickelt. Der Gewebeabzugsbaum ist mit Schmirgelleinen oder Riffblech bezogen. Webmaschinen haben für die Fachbildung mittels Exzentrern (Kurvenscheiben) angetriebene Innen- oder Außentrittvorrichtung oder → Schaftmaschinen. Zum Weben großer und komplizierter Muster dienen → Jacquardmaschinen als Fachbildungsvorrichtungen. Die erforderliche Spannung der Kettfäden wird durch Ketttaßvorrichtung mit Kettbaumbremse und Ketttaßgetriebe (Kettbaumregulator) erzielt. Die Längsbewegung der Kette erfolgt durch Drehen des Gewebeabzugsbaumes mittels Gewebeabzugsgetriebes (Gewebebaumregulator), das bei jedem Schuß gleichen Gewebeabzug oder Gewebeabzug entsprechend der Schußfadendicke bewirkt. Bei gerissenem Kett- oder fehlendem Schußfaden wird die Webmaschine von Fadenwächtern stillgesetzt. Kettfädenwächter arbeiten mechanisch oder elektrisch, Schußfädenwächter mechanisch oder photoelektrisch. Der Webschützen wird von Schlagvorrichtungen zu beiden Seiten der Webmaschine beschleunigt. Dabei wird ein Schläger (Schlagstock) von der Schlagkurvenscheibe (Exzenter) entweder oberhalb der Lade horizontal (Oberschlag; veraltet) oder von unten in einer vertikalen Ebene (Unterschlag) geführt. Er treibt über den Schlagriemen mit Hilfe des Pickers den Webschützen in den gegenüberliegenden Schützenkasten. Der Picker besteht meist aus besonders präpariertem Rohleder und wird auf einer Stange (Pickerspindel) im Webschützenkasten horizontal geführt. Die schwingende Bewegung der Lade mit den Schützenkästen wird von der Kurbelwelle abgeleitet.

Schwere Webmaschinen haben eine Hauptwelle, leichte Webmaschinen je eine Hauptwelle für Ladebewegung (Kurbelwelle) und Schlagvorrichtung. Bei der einschützigigen Webmaschine mit einem Schützenkasten auf jeder Seite wird der Schützen abwechselnd von rechts nach links und zurück geschlagen. Die Webmaschine mit mehreren Schützenkästen auf einer oder beiden Seiten, die durch Heben und Senken (Steigkassen), seltener durch Drehen (Revolverkasten) in Arbeitsstellung gebracht werden, wird zum Verarbeiten verschiedenartiger und verschiedenfarbiger Schußfäden verwendet. Der **Webautomat** ist eine Webmaschine mit selbsttätigem Schußspulenauswechseln, selten Schützenauswechseln, bei abgelaufener Schußspule. Spezialwebmaschinen werden für Dreher-, Gaze-, Frottier-, Roßhaar-, Drahtgewebe, Samt, Plüsch, Teppiche, Bänder und Gurte gebaut. Bei der **Rundwebmaschine** sind die Kettfäden senkrecht und zylinderförmig angeordnet, wobei in das umlaufend gebildete Fach die Schußfäden kontinuierlich von einem oder mehreren zwangsläufig auf einer Kreisbahn angetriebenen Webschützen eingetragen werden. Rundwebmaschinen werden vielfach zum Herstellen von Jutesäcken verwendet. Bei modernen Webmaschinen wird der Schuß z. B. mittels neuartiger Webschützen, z. B. Greiferschützen oder zwangsläufig angetriebener Greifer, von feststehenden Spulen abgezogen und in das Webfach eingetragen. Bei der **Düsenwebmaschine** befördert ein Wasser- oder Luftstrahl den Schußfaden durch das Fach; die Höchstleistung einer Düsenwebmaschine liegt bei 450 Schüssen/min, während eine nach dem klassischen Prinzip arbeitende Webmaschine nur 200 Schüsse/min leistet. Ein weiterer Vorteil der Düsenwebmaschine ist, daß sie im Unterschied

zu den gewöhnlichen Webmaschinen mit viel geringerem Geräusch arbeitet.

Beim heute seltenen **Handwebstuhl** (Webstuhl im eigentlichen Sinne) werden die Webschäfte durch Tritte gehoben und gesenkt; der Webschützen und die pendelnd aufgehängte Weblade werden von Hand bedient.

Lit. Gräbner u. Grote: Die W. (14. Aufl. Leipzig 1954); Repening: Mechanische W. (Berlin 1954); Schams: Handb. der W., Färberei und Ausrüstung (Leipzig 1951/53); Weihs: Handb. für den Tuchweber (Leipzig 1954); Webmaschinen (Leipzig 1966); → Textilien.



Schematische Darstellung einer Webmaschine (Kettfäden und Weblitzen sind nur angedeutet)

Weberknoten, ein wenig auftragender Knoten, der hauptsächlich zum Zusammenknüpfen gerissener Kettfäden in der Weberei angewendet wird.



Weberknoten

Webschützen m., ein länglicher, an beiden Enden zugespitzter Hohlkörper, in dem bei der Webmaschine (→ Weberei) die Schußspule auf eine Spindel gesteckt (**Spindelschützen**, heute selten) oder – bei selbsttätigem Einfädeln des Schußfadens – von einer Spulenklammer federnd gehalten wird (**Automatenschützen**). Der W. wird mit Hilfe des Pickers durch das von den Kettfäden gebildete Webfach geschlagen. Die beidseitig der Webmaschine an der Weblade angebrachten Schützenkästen dienen zum Abschießen sowie zum Auffangen und Abbremsen des W.s (→ Weberei). Die **Schützenauswechselvorrichtung** bei Webautomaten ersetzt selbsttätig den W. mit abgelaufener Schußspule gegen einen W. mit voller Schußspule. **Greiferwebschützen** enthalten keine Schußspule, sondern einen Greifermechanismus, der den Schußfaden von einer großen, außerhalb des Webfaches feststehenden Spule abzieht.

Bei modernen Webautomaten ist der W. durch Greifer oder Eintragnadel ersetzt, die zwangsläufig durch das Webfach geführt werden. Andere Webautomaten arbeiten mit Schußdüse für einen Gas- oder Flüssigkeitsstrahl zum Eintragen des Schußfadens.

Webstuhl, → Weberei.

Wechselfestigkeit, → Dauerschwingfestigkeit.

Wechselgetriebe, → Kraftwagen.

Wechselrichter, → Stromrichter.

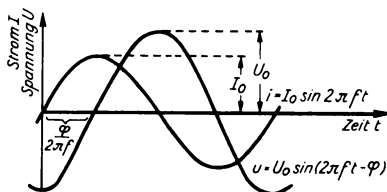
Wechselspannung, eine → elektrische Spannung, deren Größe und Richtung sich periodisch ändern. W.en werden vorwiegend in Drehstromgeneratoren erzeugt. Der zeitliche Verlauf einer W. ist im Idealfall sinusförmig (→ Wechselstrom).

Wechselsprechanlage, eine drahtgebundene Fernsprechanlage mit Lautsprechern an den Endstellen, die im Ruhezustand auf Empfang geschaltet sind. Durch eine besondere Taste können sie als Mikrophon umgeschaltet werden.

Der Gesprächsaustausch kann deshalb nur wechselseitig erfolgen. Es sind auch Anlagen bekannt, bei denen die Umschaltung von Empfang auf Senden durch die Sprache selbst erfolgt. Im Gegensatz hierzu sind bei Gegensprechanlagen stets beide Gesprächsrichtungen offen. W.n werden wegen ihres hohen Leitungsaufwandes nur in kleinen Stern- oder Maschennetzen betrieben, z. B. in Dispatcheranlagen. Einen Sonderfall stellen **Türsprechanlagen** dar, bei denen die Umschaltung von Empfang auf Senden nur von der Wohnung aus erfolgen kann.

Wechselstrom, ein \rightarrow elektrischer Strom, dessen Stärke und Richtung sich (im Gegensatz zum \rightarrow Gleichstrom) periodisch mit der Zeit ändern. Angetrieben wird der W. durch eine Wechselspannung. Während Gleichstrom auf dem Fließen der unter stets gleichgerichteter Spannung stehenden Ladung beruht, schwingen beim W. die Ladungen im Rhythmus der Spannung hin und her. Stellt man Stromstärke und Spannung eines technischen W.es als Funktion der Zeit dar, erhält man im Idealfall sinusförmige Kurven (Abb.). Diese lassen sich mathematisch durch die Beziehungen $i = I_0 \sin \omega t$ und $u = U_0 \sin(\omega t - \varphi)$ beschreiben. Dabei sind I_0 bzw. U_0 die Scheitelwerte oder **Amplituden** von Stromstärke bzw. Spannung, ω die Kreisfrequenz, t die Zeit und φ der Phasenwinkel. Ist φ verschieden von Null, so sind Strom und Spannung phasen-

verschoben, $\frac{\varphi}{2\pi f}$ ist die Phasenverschiebung.



Spannung und Strom als Funktion der Zeit

Die Zeit T , nach deren Ablauf sich der periodische Vorgang im Verlauf des Stromes und der Spannung wiederholt, nennt man **Perioden-** oder **Schwingungsdauer**. Der reziproke Wert ist die **Frequenz** f , $f = \frac{1}{T}$. Zwischen der Periodendauer T bzw. der Frequenz f und der Kreis-

frequenz ω besteht die Beziehung $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$. Der in Europa gebräuchliche technische W. hat die Frequenz $f = 50$ Hz (Hertz). Für den Betrieb elektrischer Bahnen wird oft W. mit einer Frequenz von $16\frac{2}{3}$ Hz verwendet. In Wechselstromnetzen berechnet sich die **Wirkleistung** (\rightarrow elektrische Leistung) zu $U I \cos \varphi$, wobei U und I die Effektivwerte von Spannung und Stromstärke sind. In gleichem Maße, wie der W. seinen Betrag und seine Richtung ändert, ändert sich auch das von ihm ausgehende elektromagnetische Feld. Auf Grund des Induktionsgesetzes (\rightarrow Induktion) entsteht in einem Leiter, der sich in diesem Feld befindet, eine Wechselspannung gleicher Frequenz. Das gibt die Möglichkeit, auf einfache Weise mittels Transformatoren Wechselspannungen beliebiger Höhe zu erzeugen. Da die durch den Leitungswiderstand bedingten Übertragungsverluste mit dem Quadrat der Stromstärke anwachsen (\rightarrow Joulesches Gesetz), die Stromstärke aber bei gleicher Leistung um so niedriger zu sein braucht, je höher die Spannung ist, können große Leistungen mit um so geringerem Aufwand an Leitermaterial bzw. mit um so kleineren Stromwärmeverlusten übertragen werden, je höher die Spannung gewählt

wird. Wechselstromsysteme werden von verschiedenen gleich großen, gegeneinander verschobenen Phasenspannungen gebildet (Einphasenstrom, \rightarrow Zweiphasenstrom, \rightarrow Dreiphasenstrom).

Die physiologischen Wirkungen eines elektrischen Stromes sind für Frequenzen in Nähe des technischen W.es besonders gefährlich. Die Berührung eines Wechselspannung führenden Leiters hat häufiger den Tod zur Folge als die eines eine gleich hohe Gleichspannung führenden Leiters, da zur elektrolytischen Wirkung und zu den Verbrennungserscheinungen noch eine zusätzliche Wirkung auf das Herz kommt, die leicht durch Herzkammerflimmern zum Tod führt. Hochfrequente Wechselströme haben nur geringe schädliche Wirkung, da die Ströme auf Grund des Skineffektes nur an der Hautoberfläche verlaufen.

Lit. Becker u. Voigt: Mathematisches Hilfsb. für die Wechselstromtechnik (5. Aufl. Leipzig 1955); Philippow: Taschenb. Elektrotechnik, Bd 1 (Berlin 1968).

Wechselstrommaschine, eine \rightarrow elektrische Maschine, die am Wechselstromnetz betrieben wird.

Wechselstromschaltung, \rightarrow Schaltung.

Wechselstromtelegrafie, die Übertragung von Telegrafiepulsen durch Wechselströme (trägerfrequente Telegrafieübertragung). Die Gleichstromimpulse der Fernschreibmaschine tasten eine Trägerfrequenz. Für jeden Kanal wird bei einer Telegrafiergeschwindigkeit von 50 Bd eine Bandbreite von 80 Hz benötigt, so daß sich mit einer toten Zone von 40 Hz ein Kanalabstand von 120 Hz ergibt. Benutzt man Trägerfrequenzen zwischen 420 und 3180 Hz, so lassen sich 24 Telegrafiekkanäle in einem Fernsprekband unterbringen. Auf der Empfangsseite werden die Kanäle durch Filter getrennt, das Wechselstromsignal gleichgerichtet und als Gleichstromzeichen dem Fernschreiber zugeführt.

Zur Herabsetzung von Störungen kann auch eine Frequenzumtastung vorgenommen werden. Solche Systeme werden als **frequenzmodulierte Systeme** bezeichnet (abg. FM-WT). Sie sind bei höheren Telegrafiergeschwindigkeiten den amplitudenmodulierten Systemen überlegen.

Wechselstromwiderstand, **Impedanz**, **Scheinwiderstand**, Zeichen Z , das Verhältnis des Effektivwertes der Spannung U über einem Netzwerk zum Effektivwert des Stromes I durch dieses

Netzwerk: $Z = \frac{U}{I}$. Die für sinusförmige Größen gebräuchliche komplexe Rechnung führt zur Einführung des **komplexen Widerstandes** \mathfrak{Z} . Der komplexe Widerstand ist das Verhältnis des komplexen Wertes der Spannung u^c über einem Netzwerk zum komplexen Wert des Stromes i^c

durch dieses Netzwerk, $\mathfrak{Z} = \frac{u^c}{i^c}$. Den Realteil

des komplexen W.s bezeichnet man als **Wirkwiderstand** oder **Resistanz**, den Imaginärteil als **Blindwiderstand** oder **Reaktanz**. Eine Reaktanz beinhaltet die Wirkung der im Netzwerk befindlichen Drosselspulen und Kondensatoren. Legt man an eine Drosselspule eine sinusförmige Wechselspannung, so wird der fließende Strom durch die Größe der \rightarrow Induktivität sowie durch die Frequenz und Amplitude der angelegten Spannung bestimmt, wobei der Strom der Spannung um 90° nacheilt. Das Verhältnis von Spannung zu Strom wird als **induktiver Blindwiderstand** x_L oder **Induktanz** bezeichnet ($x_L = \omega L$). Legt man an einen Kondensator eine sinusförmige Wechselspannung, so wird der fließende Strom durch die Größe der Kapazität sowie durch die Frequenz und Amplitude der angelegten Spannung bestimmt, wobei der Strom der Spannung um 90° voreilt. Das Verhältnis von Spannung zu Strom wird als **kapazitiver Blindwider-**

stand x_C oder **Kondensanz** bezeichnet ($x_C = \frac{1}{\omega C}$). Der Blindwiderstand wird damit gleich $\omega L - \frac{1}{\omega C}$. Der W. ist der Betrag des komplexen Wider-

standes, d. h. $Z = |\mathcal{Z}| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ (R = Widerstand). Aus dem komplexen Widerstand läßt sich die Phasenverschiebung zwischen

Spannung und Strom zu $\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$ berechnen.

Wechselstromwiderstand
(Scheinwiderstand, Impedanz)

Wirkwiderstand
(Resistanz)

Blindwiderstand
(Reaktanz)

induktiver W.
(Induktanz)

kapazitiver W.
(Kondensanz)

Übersicht der Wechselstromwiderstände

Wechselwirkungsgesetz, → Newtonsche Axiome.

Wecker, → Uhr.

Wegerung, im Schiffbau die Verkleidung der Wände (**Seitenwegerung**), der Decke (**Deckenwegerung**) und des Bodens (**Bodenwegerung** in Laderäumen). Eine volle W. aus Blech, Kacheln (in Wirtschaftsräumen) u. a. schützt die Einrichtung und die Ladung in den Räumen vor Schwitzwasser. In Laderäumen werden mitunter nur Holzlaten auf den Spanten befestigt (**Lattenwegerung**).

Weglänge, → mittlere freie Weglänge.

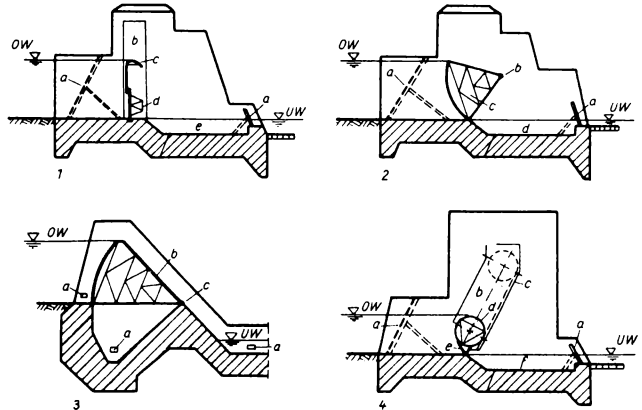
Wohnelzylinder, → Elektronenstrahlröhre, → Röntgenröhre.

Wehr, eine feste oder mit beweglichen Verschlüssen versehene Stauanlage, die in erster Linie die Hebung des Wasserspiegels zum Ziele hat. W.e heben den Spiegel eines Gewässers und zwingen das Wasser, in einen absteigenden Werkkanal oder Stollen einzutreten und ein → Wasserkraftwerk oder eine Bewässerungsanlage zu speisen. In Flüssen mit geringer Wassertiefe wird durch den Anstau mittels W.en die Schifffahrt ermöglicht (Kanalisierung). Für die Schiffe wird dabei der Höhenunterschied zwischen dem Wasserstand oberhalb und unterhalb des W.es durch → Schiffsschleusen überwunden. Die Energieumwandlung des durch das W. strömenden Wassers erfolgt in einem → Tosbecken, das unmittelbar hinter dem Wehrverschluß oder im Anschluß an den Wehrkörper angeordnet ist.

1) W.e ohne bewegliche Verschlüsse lassen sich nicht zur Regulierung des Wasserabflusses heranziehen. Sie bestehen aus Buschwerk, Steinschüttung, Steinkisten (kistenartig zusammengesetzte Rundhölzer mit Steinfüllung) oder aus Holz mit Füllstoffen (wasserdurchlässige W.e) oder aus Mauerwerk, Beton oder Stahlbeton (wasserundurchlässige W.e) und können ausgebildet sein als **Schußwehre**, bei denen der überfallende Strahl auf einer Abschußwand liegt, oder als **Sturzwehre**, bei denen der Wasserstrahl freierunterfällt. **Heberwehre** besitzen einen festen Staukörper mit aufgesetztem luftdichtem Schlauch, dem Heber. Durch eine gestaffelte Anordnung der Hebersaugschnauzen kann die abzuführende Wassermenge verändert werden.

2) W.e mit beweglichen Verschlüssen gestatten eine Regulierung des Wasserstandes. Bei Hochwasser werden die Wehrverschlüsse meist voll geöffnet. Derartige W.e können ver-

schieden ausgebildet sein. **Damm balkenwehre** bestehen aus Holz- oder Gitterträgern, die, in seitliche Pfeilernischen eingesetzt, den Abflußquerschnitt sperren. Damm balken werden meist als Notverschlüsse verwendet. Bei **Nadelwehren** besteht die Verschlußwand aus dicht nebeneinanderstehenden „Nadeln“ (Holzbalken, Stahlrohre), die geneigt angeordnet sind und sich gegen eine Reihe von Böcken oder gegen einen horizontal liegenden Balken (Nadellehne) stützen. Bei Hochwasser werden die Nadeln einzeln herausgezogen und die Böcke umgelegt. Die Nadellehne braucht nicht entfernt zu werden, da sie über dem höchsten Hochwasserstand liegt. Nadelverschlüsse dienen ebenfalls oft als Notverschluß. **Schützenwehre** bestehen aus einer oder mehreren Schütztafeln aus Holz oder Stahl, die in Nischen gleiten oder rollen (→ Schütz). **Segmentwehre** besitzen Verschlußtafeln in Form von Segmenten (Segmentverschlüsse), meist Zylindersegmenten. An ihren Enden haben sie zwei Stützarme, die in Drehgelenken gelagert sind. Sie können auch absenkbar gebaut werden.



1 Schützen- (Haken-) Wehr: a Notverschluß, b Nische, c Oberfalle, d Unterfalle, e Tosbecken. 2 Segmentwehr: a Notverschluß, b Zapfenlager, c Segmentverschluß, d Tosbecken. 3 Sektorwehr: a Öffnungen zur hydraulischen Steuerung, b Sektorverschluß, c Drehlager. 4 Walzenwehr: a Notverschluß, b Nische, c Wälzbahn mit Zahnschiene, d Walzenverschluß, e Stauschnabel, f Tosbecken. OW Oberwasser, UW Unterwasser

Sektorwehre haben eine nach einem Kreiszylinder gekrümmte Stauwand, die durch zwei weitere Wände gegen eine auf dem festen Unterbau liegende horizontale Drehachse abgestützt wird. Der Sektorverschluß kann den gesamten Flußquerschnitt freigeben, da er vollkommen in den festen Unterbau versenkbar ist. Das Heben und Senken des Sektorverschlusses erfolgt hydraulisch. **Klappenwehre** haben als Verschluß Klappen, die sich um waagerechte Achsen drehen. Sie sind oft so gebaut, daß sie sich bei Erreichen eines bestimmten Wasserstandes selbständig senken oder heben. Das **Dachwehr** (**Doppelklappenwehr**) hat als Verschluß zwei dachartig angeordnete Klappen: die oberstromseitige **Hauptklappe** als die eigentliche Stauwand und die unterstromseitige **Gegenklappe**, auf die sich die Hauptklappe abstützt. Beide Klappen sind an ihrem Fuß gelenkig gelagert und stützen sich gegen die Wehrsohle ab. An ihrem freien Ende greift die Hauptklappe über die Gegenklappe, die auch als Lauffläche für die an der oberen Klappe befestigten Rollen dient. Mit Dachwehren können sehr breite Flüsse ohne Zwischenpfeiler angestaut werden. Das **Trommelwehr** hat eine obere kleinere Stauklappe und eine untere größere Stellklappe, die sich in der im festen Unterbau des W.es ausgesparten Trommelkammer um eine waagerechte Achse bewegt. Beide Klappen sind miteinander starr verbunden

und werden ebenfalls hydraulisch gesteuert. Das **Walzenwehr** hat als Verschlusskörper einen stählernen Hohlzylinder, der an seinen Enden auf einer schräg in den Wehrpfeilern eingebauten Bahn mit einer Zahnschiene ruht und auf dieser mittels eines Gelenkkettenantriebes herunter- oder heraufgewälzt wird, wenn der Durchfluß gesperrt oder freigegeben werden soll.

Lit. Beger-Aristowski: Entwurfsgrundlagen zum Wehrbau (Berlin 1956); Ingenieur-Taschenb. Bauwesen, Bd III Boden – Wasser – Verkehr (Leipzig 1965); Preß: Stauanlagen und Wasserkraftwerke (Tl 2 Berlin 1954).

Weichblei, durch Raffination von Werkblei gewonnenes Blei mit einem Mindestbleigehalt von 98,5%. Es wird dort verwendet, wo eine hohe Korrosionsbeständigkeit gefordert wird, besonders im chemischen Apparatebau. Die zu schützenden Teile werden nicht aus diesem Werkstoff hergestellt (hohe Masse), sondern man versieht diese mit einem Weichblei-Überzug (Verbleien).

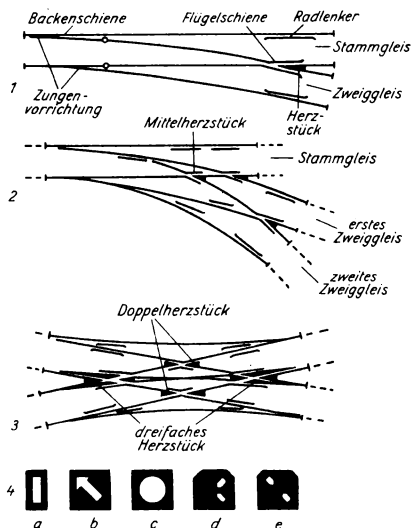
Weiche, 1) Gleisbau: eine Vorrichtung zur Verzweigung oder Verbindung von Eisenbahn- oder Straßenbahngleisen.

1) **Eisenbahnweichen**. Bei der einfachen W. zweigt aus geradlinig durchlaufendem Gleis ein anderes nach rechts oder links ab (**Rechts-, Linksweiche**). Das gerade durchführende Gleis heißt **Stamm-**, das abzweigende **Zweiggleis**. Die beiden äußeren Schienenstränge der beiden Gleise einer W., also je ein gerader und ein bogenförmiger Schienenstrang, laufen ungeteilt durch. Die beiden inneren Schienenstränge sind dagegen unterteilt; sie schneiden sich im **Herzstück**, wo die Lauffläche jeder Schiene durch die Spurrille für den Radkranz der auf der anderen Schiene rollenden Räder unterbrochen ist. Am Zusammenlauf der beiden Gleise befinden sich zwei bewegliche **Zungen**, d. s. spitzgebohlte Schienenstücke, die durch eine Schieberstange unter Zwischenschaltung von beweglichen Verschlussvorrichtungen (Hakenschoß, Klammerspitzenverschluß) unstarr miteinander verbunden sind. Man unterscheidet Gelenkzungen, die sich an ihrem hinteren Ende beim Umstellen der W. in einem Gelenk drehen, sowie Federzungen und Feder-schienenzungen, die sich beim Umstellen elastisch verbiegen (federn). Beim Umstellen der W. bewegt sich die bisher anliegende Zunge von ihrer Backenschiene (neben der Zunge liegende Schiene des durchgehenden Stranges) weg, während sich die abliegende Zunge an die andere Backenschiene anlegt. Das Umstellen erfolgt entweder an Ort und Stelle von Hand durch einen Gewichtshebel oder von einem Stellwerk aus mechanisch durch Drahtzug oder Gestänge, oder man schaltet im Stellwerk einen an der Weiche befindlichen elektrischen Weichenmotor ein.

Mit der Umstellvorrichtung ist unmittelbar an der W. eine Laterne zur Kennzeichnung der Weichenlage verbunden (**Weichensignallaterne**), die entsprechend der Weichenstellung ihr Signalbild durch Drehung des Laternenkastens um 90° verändert. **Weichengrenzzeichen** bezeichnen hinter der W. diejenige Stelle, an der die Gleisachsen der beiden auseinanderzweigenden Gleise einen Abstand von 3,75 m haben. Fahrzeuge dürfen erst hinter dem Weichengrenzzeichen abgestellt werden, da sonst das Lichttraumprofil nicht gewahrt ist.

Besondere Weichenformen: Bei der **Bogenweiche** ist das Stammgleis nicht gerade, sondern ebenfalls gekrümmt. Bei Außenbogenweichen haben die beiden Gleise entgegengesetzten Krümmungssinn, bei Innenbogenweichen besitzen beide Gleise gleichgerichteten Krümmungssinn. Die **Symmetrieweiche** hat zwei Gleise mit gleichgroßem Halbmesser und entgegengesetztem Krümmungssinn. Bei der **Doppelweiche** sind zwei

einfache W.n ineinandergeschoben. Die **Kreuzungsweiche** (einfach oder doppelt) dient als Verbindung zweier sich kreuzender Gleise. Mehrere unmittelbar hintereinander liegende W.n bilden eine **Weichenstraße**.



Weichen: 1 einfache Weiche, 2 einseitige Doppelweiche, 3 doppelte Kreuzungsweiche. 4 Weichensignallaternen: a Fahrt geradeaus, b Fahrt links, c Fahrt aus krummem Strang in gerades Gleis, d Fahrt durch den gekrümmten Zweig von rechts (bei Kreuzungsweiche), e Fahrt durch den geraden Zweig von rechts nach links (bei Kreuzungsweiche).

Der Tangens des Winkels zwischen Stammgleisachse und Zweiggleisachse am Weichenende wird als **Weichenneigung** bezeichnet ($\tan \alpha = 1:n$). Reichsbahnweichen haben eine Neigung von 1:9 (**Regelweiche**). Alle W.n mit steilerer Neigung werden als **Steilweichen**, solche mit flacherer Neigung als **Flachweichen** bezeichnet. W.n von 300 m Halbmesser können ohne Überhöhung mit 50 km/h, W.n von 500 m Halbmesser mit 60 km/h, W.n von 1200 m Halbmesser mit 100 km/h Höchstgeschwindigkeit in den Zweiggleisen befahren werden. Gerade Stammgleise haben keine Geschwindigkeitsbegrenzungen.

2) **Straßenbahnweichen** haben Halbmesser von 100 m und 50 m, seltener 25 m. Das Umstellen erfolgt hier von Hand oder aber elektrisch unter Mitwirkung des Straßenbahntriebfahrzeuges, und zwar bei Entnahme einer bestimmten Strommenge (abhängig von der Stellung des Fahr-schalters im Triebfahrzeug) aus einem Oberleitungskontakt. Etwa 15 m vor der Weichen-zunge hebt sich der Stromabnehmer des Triebfahrzeuges durch den kufenförmigen Kontakt (Schlitten) von der Fahrleitung ab und gleitet an diesem entlang. Bei Stromentnahme (Stellung des Fahralters auf 1 oder 2) fließt der Strom von der Fahrleitung über eine Betätigungsspule der elektrischen Weichenstellvorrichtung zurück zum Oberleitungskontakt und von dort weiter zu den Elektromotoren des Triebfahrzeuges. Durch die stromdurchflossene Betätigungsspule wird ein Schaltkontakt geschlossen und dadurch Strom auf die Weichenbetätigungsspule gegeben. Dort wird ein Magnetkern, der mit dem mechanischen Teil der W. verbunden ist, in die Spule gezogen und somit die W. gestellt. Soll die W. nicht betätigt werden, ist vor Befahren des Oberleitungskontaktes der Fahrshalter im Triebfahrzeug auf 0 oder „Bremsen!“ zu stellen. Die Stellung

von Straßenbahnweichen wird durch ein Lichtsignal am Tragwerk der Oberleitung über der W. angezeigt. **Kletterweichen** dienen bei Straßenbahngleisbauten zur vorübergehenden Herstellung von Gleisverbindungen; sie werden auf das Gleis aufgelegt.

Lit. Bach: W.n und Kreuzungen (4. Aufl. Leipzig 1959); Droszio: Spitzenverschlüsse und Großteile der W.n und Kreuzungen (Leipzig 1959).

2) **Elektrotechnik**: eine Schaltung aus frequenzabhängigen Gliedern (\rightarrow Siebkette), durch die die hohen und tiefen Frequenzen voneinander getrennt werden. W.n werden hauptsächlich in der Trägerfrequenztechnik verwendet, finden auch große Anwendung in der Elektroakustik, um bestimmten Lautsprechertypen ein entsprechendes Frequenzband zuzuordnen.

Weicheiseninstrument, swv. \rightarrow Dreheiseninstrument.

Weichmacher, Weichmachungsmittel, Plastifikatoren, flüssige oder feste organisch-chemische Verbindungen mit geringer Flüchtigkeit, die sich in Polymere einarbeiten lassen, ohne mit diesen chemisch zu reagieren. Sie verleihen dem hochpolymeren Stoff bestimmte gewünschte, lange Zeit anhaltende physikalische Eigenschaften, z. B. Dehnbarkeit, Plastizität, Elastizität, verringerte Härte. Da W. für die Erzeugung vieler Stoffe und zur Erzielung der unterschiedlichsten Eigenschaften nötig sind, gibt es Hunderte von Sorten. So werden die verschiedenartigsten Ester der Phosphorsäure, der Karbonsäuren, besonders die Ester der gradkettigen gesättigten Dikarbonsäuren (z. B. Adipin-, Sebazin-, Bernsteinsäure), weiterhin bestimmte Kohlenwasserstoffe (z. B. höhere Alkylbenzole, Diphenylderivate) und Aromaten enthaltende Gemische (Anthrazenöl), Alkohole und Phenole, chlorierte Paraffine, Thioäther, Karbonsäureamide, Nitrile, Kampfer und auch hochmolekulare Verbindungen mit niedrigem Polymerisationsgrad (z. B. Polyester) verwendet. In bezug auf die Wirkung unterscheidet man äußere und innere Weichmachung. Äußere Weichmachung wird durch Zusatz von W.n zum Polymeresystem, d. h. zum fertigen Plastrohstoff, erreicht, während zur inneren Weichmachung geeignete W. als Monomere durch Polymerisation oder nachträgliche chemische Reaktion direkt in die Makromoleküle eingebaut werden, und zwar durch Anlagerung oder Substitution. Äußere W. sind durch Nebenvalenzen koordinativ, innere W. dagegen hauptvalenzmäßig an die Polymerenkette gebunden oder in sie eingebaut.

Lit. Fritz: Die wichtigsten Lösungs- und Weichmachungsmittel (Berlin 1958); Thinius: Chemie, Physik und Technologie der W. (2. Aufl. Leipzig 1963).

Weichmanganerz, \rightarrow Braunstein.

Weife, swv. \rightarrow Haspel.

Weingeist, frühere Bezeichnung für \rightarrow Äthanol.

Weinhaldisches Gefäß, swv. \rightarrow Dewargefäß.

Weinsäure, Dihydroxybernsteinsäure, $\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$, eine Hydroxykarbonsäure, die in 4 Formen vorkommt: 1) **L(+)-Weinsäure** (in der deutschen Literatur oft noch als α -Weinsäure bezeichnet), **Weinsteinsäure**, bildet farblose Kristalle (F. 172 °C). Ihre wäßrigen Lösungen sind rechtsdrehend. Sie findet sich z. B. in den Trauben und Blättern des Weinstocks. Technisch gewinnt man sie aus Weinstein (Kaliumhydrogenatrat $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$) und Kalkmilch. Verwendet wird sie in der Färberei und im Zeugdruck als Beize, als Konservierungsmittel für Leim u. a. sowie zur Herstellung von Getränken und Backpulvern. 2) **D(-)-Weinsäure** hat die gleichen Eigenschaften wie die L(+)-Weinsäure, nur zeigt sie das entgegengesetzte Drehungsvermögen. Man erhält sie aus Traubensäure durch Spaltung in die optischen Antipoden. 3) **Traubensäure**, **DL-Weinsäure**, **para-Wein-**

säure, ist optisch inaktiv, bildet farblose Kristalle (F. 206 °C) und kommt nur in Weinbeeren vor. Synthetisch gewinnt man sie aus Glyoxal. 4) **meso-Weinsäure**, **anti-Weinsäure**, ist gleichfalls optisch inaktiv, da der Drehungssinn der beiden asymmetrischen C-Atome entgegengesetzt ist und die Drehungen sich daher im Molekül aufheben. Sie ist im Gegensatz zur Traubensäure nicht in aktive Formen zerlegbar.

Die Salze und Ester der W. heißen **Tartrate**, die der Traubensäure werden vielfach, nicht ganz korrekt, als **Razemate** bezeichnet. Wichtig ist Kaliumnatriumtartrat (Seignettesalz, Rochellsalz) $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, das zur Herstellung von Fehlingscher Lösung verwendet wird und ein wichtiges Ferroelektrikum (\rightarrow Ferroelektrizität) ist.

Weinstein, \rightarrow Weinsäure.

Weinsteinsäure, \rightarrow Weinsäure.

Weißblech, verzinntes Schmiedeeisen, das technisch durch Eintauchen von gebeiztem Eisenblech in geschmolzenes Zinn (Feuerverzinnen) oder durch elektrolytisches Verzinnen hergestellt wird. Es ist gegen chemische Agenzien beständiger als verzinktes Eisen. W. wird z. B. zur Herstellung von Konservendosen verwendet.

Weißbleierz, swv. \rightarrow Zerussit.

Weisseisenerz, \rightarrow Siderit.

Weißer Nächte, Nächte in höheren Breiten (ab etwa 48° N bzw. S), in denen die Sonne nur soweit unter den Horizont sinkt, daß allenfalls Dämmerung, jedoch keine Dunkelheit auftritt. Die Anzahl der hellen Nächte pro Jahr nimmt von 0 nordwärts bzw. südwärts bis maximal etwa 290 zu, wobei die letztere Zahl einschließlich der Nächte gilt, in denen die Sonne über dem Horizont steht. Die W.n N. beginnen für den Nordpol um den 28. 1. und enden um den 13. 11., für 70° N etwa am 25. 3. bis etwa 15. 9., für 60° N etwa am 21. 4. bis etwa 25. 8. und für 50° N etwa am 1. 6. bis etwa 11. 7.

Weißer Zwerg, ein Stern mit äußerst kleinem Durchmesser, aber sehr hoher Dichte, die einige 100 kg je cm^3 betragen kann. Trotz hoher effektiver Temperatur besitzen die Weißen Z.e eine geringe absolute Helligkeit. Sie bestehen bis auf eine relativ dünne oberflächenschicht aus entarteter Materie. Weiteres \rightarrow Stern.

Weißgold, eine Gold-Palladium-Legierung mit 20 % Palladium, Rest Gold. Sie wird für Schmuckwaren verwendet.

Weißmetall, \rightarrow Lagermetalle.

Weißnickelkies, swv. Chloantit, \rightarrow Smaltin.

Weißsche Bezirke, in ferromagnetischen Stoffen sich bildende Bereiche einheitlicher Magnetisierung. Die W.n B. sind wichtig für die Erklärung der magnetischen Eigenschaften dieser Substanzen (\rightarrow Magnetismus, \rightarrow Hysterese). Die Grenze zwischen zwei W.n B.n wird von einer \rightarrow Blochwand gebildet.

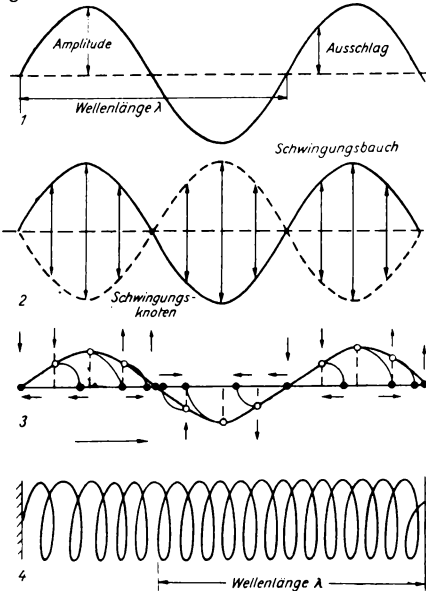
Weißesches Magneton, \rightarrow Magneton.

Weißtöner, swv. \rightarrow optische Aufheller.

Weitwinkelobjektiv (Tafel 54), ein photographisches Objektiv, das einen Bildwinkel von über 60° erfäßt und dessen Brennweite dementsprechend kleiner als die Diagonale des Bildformates ist. Das W. wird angewendet für Innen- und Architekturaufnahmen. Für Spezialzwecke wie meteorologische Himmelaufnahmen verwendet man **Überweitwinkelobjektive** mit sehr großem, bis fast 180° betragendem Bildwinkel. Sie haben naturgemäß eine starke Verzeichnung.

Welle, 1) Physik: eine Form des Energietransportes in einem Medium ohne Massetransport, wobei Schwingungen durch Kopplung auf die Umgebung übertragen werden. Das Wogen eines Kornfeldes zeigt die Eigentümlichkeiten der W.: Eine Störung pflanzt sich, von einem Störungszentrum ausgehend, durch ein Trägermedium fort, das an der Fortbewegung selbst

nicht beteiligt ist (die Getreidehalme bleiben an ihrem Ort). Einmalige Vorgänge dieser Art bezeichnet man als **Stoßwellen**, periodische Bewegungen werden als **W.n** schlechthin angesprochen. Bei **Longitudinalwellen** (**Längswellen**) schwingt das Medium in Ausbreitungsrichtung der W.n, wobei sie im übertragenden Medium Verdichtungen und Verdünnungen hervorrufen. Bei **Transversalwellen** (**Querwellen**) erfolgt die Bewegung der Teilchen des Mediums senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Ist die Ebene dieser Bewegung im Raum bestimmt, so ist die W. polarisiert (\rightarrow Polarisation). Longitudinalwellen sind stets an ein elastisches Medium gebunden (\rightarrow Schall, \rightarrow Ultraschall), Transversalwellen dagegen nicht.



1 Harmonische ebene Wellen, 2 stehende Wellen, 3 Zusammenhang zwischen Transversal- und Longitudinalwellen, 4 Longitudinalwellen, erregt in einer Schraubenfeder

Eine Fläche durch alle Punkte, die sich zu einer bestimmten Zeit im gleichen Bewegungszustand befinden, nennt man **Wellenfront**. Sie liegt senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. **Ebene W.n** haben als Wellenfront eine Ebene, **Kugelwellen** eine Kugelfläche. Ungedämpfte ebene W.n haben stets den gleichen Maximalausschlag (Amplitude), bei Dämpfung nimmt die Amplitude ab.

Die W. ist räumlich und zeitlich periodisch. Die Auslenkung eines Teilchens in Abhängigkeit von der Zeit sowie der Zustand der W. längs der Ausbreitungsrichtung in einem bestimmten Augenblick lassen sich durch Sinuskurven (**harmonische W.n**) darstellen. Man spricht daher anschaulich von **Wellenberg** und **Wellentälern**. Die **Wellenlänge λ** ist der Abstand zweier Wellenberge oder allgemein zweier Punkte im gleichen Schwingungszustand (Phase). Die Frequenz f gibt die Zahl der Wellenlängen an, die in einer Sekunde an einem Punkt vorbeiwandern. In einer Sekunde pflanzt sich daher eine Störung um die Strecke $\lambda \cdot f$ fort, daraus folgt $\lambda = c/f$ (c Phasengeschwindigkeit). Gebräuchlich sind noch die Begriffe **Wellenzahl**, $1/\lambda = f$, und **Schwingungsdauer**, $1/f = T$. c ist abhängig vom Medium (\rightarrow Refraktion). Bei **elektromagnetischen W.n** hängt c von f ab (\rightarrow Dispersion). Der Schwingungszustand wandert mit der \rightarrow Phasen-

geschwindigkeit, ein Wellenpaket mit der \rightarrow Gruppengeschwindigkeit.

Mehrere Wellensysteme überlagern sich unabhängig voneinander. Für **elastische W.n** gilt das nur so lange, wie die resultierende Verschiebung im Medium klein bleibt. Umgekehrt kann man jeden Wellenvorgang in harmonische W.n (\rightarrow harmonische Analyse) zerlegen. Man bezeichnet die Erscheinungen, die durch die Überlagerung mehrerer W.n an derselben Stelle des Raumes entstehen, als **Interferenz**.

Stehende W.n entstehen insbesondere, wenn sich zwei W.n gleicher Amplitude und Frequenz, aber entgegengesetzter Richtung überlagern. Dann bleiben bestimmte Stellen stets in Ruhe (Schwingungsknoten), während andere maximale Ausschläge (Schwingungsbäuche) zeigen. Stehende W.n kann man leicht durch Reflexion erzeugen; sie werden häufig zur Messung der Wellenlänge benutzt.

Schwingende elektrische Ladungen oder sich periodisch ändernde Feldgrößen ergeben transversale elektromagnetische W.n (\rightarrow elektromagnetische Schwingungen). Weiteres über W.n \rightarrow Materiewellen, \rightarrow Wellenmechanik, \rightarrow Dualismus von W. und Korpuskel.

Lit. Macke: W.n (Leipzig 1958); Recknagel: Physik – Schwingungen und W.n, Wärmelehre (6. Aufl. Berlin 1967).

2) Technik: ein Maschinenelement zur Übertragung von Drehmomenten. **Gerade W.n** sind im Querschnitt meist runde, gleichmäßig dicke oder abgesetzte Metallstangen, sie werden z. B. bei Transmissionen verwendet. Zur Übertragung großer Drehmomente dient die \rightarrow Keilwelle. **Gekrüpfte W.n** (\rightarrow Kröpfen) sind bei mehrzylindrigen Kolbenmaschinen erforderlich. Am bekanntesten ist die \rightarrow Kurbelwelle. Die \rightarrow Gelenkwellen (Kardanwellen) kommen z. B. bei Kraftfahrzeugen vor, und \rightarrow biegsame Wellen übertragen nur geringe Drehmomente.

3) Ozeanographie: \rightarrow Meereswellen.

Wellenbinder, ein \rightarrow Motorboot.

Wellenbrecher, 1) Wasserbau: bei einem Hafen ein Bauwerk zum Brechen auflaufender Wellen, um dadurch eine ruhige Wasseroberfläche im Hafen zu erreichen. W. sind aus Steinen oder Steinblöcken geschüttet oder massiv ausgeführt, und zwar mit oder ohne Unterbau aus Steinschüttung. Sie haben meist keine Verbindung mit dem Festland, sondern sind frei im Wasser errichtet. Die Krone der W. ragt über die Wasserlinie hinaus.

2) Schiffbau: ein auf dem Vorschiffdeck winkelförmig angeordnetes Stahlblech, das das Wasser überkommender Brecher seitlich abweist. W. sind vor allem bei Fahrgastschiffen, Fischereischiffen, Kriegsschiffen und Sportbooten (hier aus Holz) üblich.

Wellenfunktion, in der Physik im weiteren Sinne eine Funktion, die irgendeinen physikalischen Vorgang beschreibt und den Ausbreitungsgesetzen der Wellen genügt. Eine W. ist z. B. die Funktion, die das Ausschlagen einer Saite beschreibt. Im engeren Sinne versteht man unter W. die grundlegende Funktion der Schrödingerschen \rightarrow Wellenmechanik.

Wellengleichungen der Elementarteilchen, die Grundgleichungen, die die Bewegungen der Elementarteilchen in der Quantentheorie der Felder beschreiben. Die W. d. E. haben für Teilchen mit halbzahligen und mit ganzzahligen Spin verschiedene Struktur, \rightarrow Antiteilchen, \rightarrow Diracsche Theorie, \rightarrow Löchertheorie.

Wellenleistung, die an der Welle einer Maschine, z. B. des Kolbentriebewerkes oder der Propellerturbine eines Flugzeuges, einer Schiffswelle (\rightarrow Schiff), wirksame, nutzbare Leistung (Nutzleistung), im Gegensatz zur theoretischen,

indizierten Leistung der Maschine. Die W. ist gegenüber dieser auf Grund von Lagerreibung, Getriebe- und anderen mechanischen Verlusten geringer; sie wird meist in **Wellenpferdestärken** (Kurz. WPS) angegeben. Das Produkt aus W. und Propellerwirkungsgrad (\rightarrow Propeller) ergibt näherungsweise die Schubleistung eines Propellertriebwerks im Fluge.

Wellenleiter, in der Mikrowellentechnik und Akustik Bezeichnung für eine in einer bestimmten Richtung besonders ausgedehnte Struktur, die elektromagnetische oder Schallwellen verlustarm fortleiten kann. W. für elektromagnetische Wellen haben im Höchstfrequenzgebiet Bedeutung und werden dargestellt durch Koaxial- und Flachbandkabel, rechteckige oder runde metallische Hohlrohre (Hohlleiter), Drahtwellenleiter, bei denen der Draht mit einem dünnen, verlustarmen Dielektrikum umgeben ist (Goubauleitungen), Leiter aus reinem Dielektrikum in Form von massiven Strängen oder Rohren, Streifenleiter, metallische Leiter mit gerippter Oberfläche und Wendelleiter. In den W.n können verschiedene Wellenformen angeregt werden, die nach ihren verschiedenen Feldkomponenten in Ausbreitungsrichtung unterschieden werden in transversal-elektrische Wellen (abg. TE), transversal-magnetische Wellen (abg. TM) und transversal-elektromagnetische Wellen (abg. TEM) oder Lecher-Wellen.

Wellenmechanik, eine von dem französischen Physiker L. de Broglie begründete und von Schrödinger ausbaute Theorie, wonach jeder Bewegungsvorgang eines atomaren Teilchens mit einem Wellenvorgang begleitet ist (\rightarrow Dualismus von Welle und Korpuskel). Die W. ist eine der möglichen Darstellungsformen der \rightarrow Quantenmechanik. Nach der Grundidee von de Broglie (1924) hängt der Impuls p eines Teilchens mit der Wellenlänge λ der zugeordneten „Materiewelle“ gemäß der Gleichung $\lambda = h/p$ zusammen (h = Plancksches Wirkungsquantum). Das Gesetz, nach dem die Materiewellen selbst mit den Bewegungen und Zuständen der Teilchen verknüpft sind, fand Schrödinger (1926) in Form der nach ihm benannten Wellengleichung (\rightarrow Schrödinger-Gleichung). Es zeigte sich, daß die damit errichtete W. die Quanteneigenschaften der Atome als Folge der Welleninterferenzen deuten konnte. Insbesondere kann man die Energiestufen eines Atoms als Aufeinanderfolge von Eigenschwingungen der Materiewellen im Atom ansehen, die dort stehende (oder umlaufende) Wellen bilden. 1927 konnten Davison und Germer zeigen, daß man die Interferenzen von „Elektronenwellen“ an den gitterförmig angeordneten Atomen in Kristallen genau so sichtbar machen kann wie die Interferenzen von Röntgenwellen. Die richtige Deutung des Charakters der \rightarrow Materiewellen wurde von M. Born gegeben. Nach ihr bestimmt die die Wellen beschreibende Funktion, die **Wellenfunktion**, die Wahrscheinlichkeit für das Ergebnis von Messungen der Eigenschaften des Teilchens. Insbesondere ergibt ihr Amplitudenquadrat die Wahrscheinlichkeit, das Teilchen an einem bestimmten Ort anzutreffen.

Lit. \rightarrow Quantentheorie.

Wellenoptik, \rightarrow Optik.

Wellenrad, \rightarrow Waschmaschinen.

Wellenschälen, \rightarrow Schälen.

Wellenwiderstand, Zeichen Z , charakteristische Größe für einen elektrischen \rightarrow Vierpol. Bei Leitungen ist der W. der Eingangswiderstand einer unendlich langen Leitung. Bei Vierpolen gilt allgemein: W. ist das geometrische Mittel aus Leerlauf- und Kurzschlußeingangswiderstand.

Wellenzahl, die Zahl der auf 1 cm entfallenden Wellenlängen oder genauer: der Kehrwert der Wellenlänge; also $f = 1/\lambda = f/c$ (λ = Wellenlänge, f = Wellenfrequenz, c = Phasengeschwin-

digkeit). In der theoretischen Physik wird meist der Quotient $2\pi/\lambda$ als Wellenzahl bezeichnet.

Wellpointmethode, \rightarrow Wasserhaltung.

Wellrad, 1) Physik: eine der sechs einfachen \rightarrow Maschinen. Auf einer Welle sitzt ein Rad, über dessen Umfang ein Seil läuft; ein zweites Seil ist auf die Welle aufgewickelt. Hängt an diesem eine Last und zieht man an dem über das Rad gelegten Seil, so wird beim Heben der Last eine geringere Kraft gebraucht, dafür aber der Weg entsprechend länger. Sehr häufig wird das Rad durch eine einzelne seiner Speichen, d. h. durch eine Kurbel ersetzt.

2) svw. Wellenrad, \rightarrow Waschnmaschinen.

Weltachse, die Himmelsachse, \rightarrow Himmel.

Weltall, **Kosmos**, **Universum**, die Gesamtheit der Weltkörper und der Raum (Weltraum), in dem sie sich bewegen. Die Erforschung der inneren Struktur und des Aufbaus des W.s ist Aufgabe der \rightarrow Kosmologie, zu der auch vielfach die Untersuchung der Entwicklung des W.s gerechnet wird. Der heute der Beobachtung zugängliche Raum hat einen Halbmesser von etwa $3 \cdot 10^4$ pc (Parsec) und eine mittlere Dichte von etwa 10^{-30} g/cm³, enthält also eine Gesamtmasse von etwa 10^{68} g. In diesem Weltraum finden sich die Sterne nicht als verstreute Einzelsterne, sondern zu Systemen angeordnet. Im W. sind ungefähr 10^{11} \rightarrow Sternsysteme vorhanden mit einer mittleren Masse von je $5 \cdot 10^{10}$ Sonnenmassen. Zwischen den Sternsystemen befindet sich **intergalaktische Materie** mit einer Dichte von rund $7 \cdot 10^{-31}$ g/cm³. Ein solches Sternsystem ist das \rightarrow Milchstraßensystem (Galaxis), dem die Sonne sowie die rund 5000 mit bloßem Auge sichtbaren Sterne neben etwa 10^{11} anderen Sternen angehören. Neben den Einzelsternen gibt es auch Doppel- und Mehrfachsterne, Sternhaufen und Sternassoziationen. Im Raum zwischen den Sternen befindet sich die interstellare Materie. Die Gesamtheit dieser Objekte bildet im wesentlichen eine diskusähnliche Scheibe mit einem zentralen Kern. Die Sonne befindet sich weit außerhalb des Zentrums des Milchstraßensystems. Da die gleichen Einzelobjekte auch in den anderen Sternsystemen beobachtet worden sind, besteht Grund zur Annahme, daß alle Sternsysteme von ähnlicher Natur sind wie das Milchstraßensystem.

Die Sonne bewegt sich um das Zentrum des Milchstraßensystems und wird ihrerseits von planetarischen Körpern umlaufen, von **Planeten** mit ihren **Monden**, **Planetoiden** und **Kometen**. Bisher ist die Sonne der einzige Stern, von dem genau bekannt ist, daß er planetarische Körper besitzt.

Die Zustandsgrößen der einzelnen Sterne lassen sich weitgehend aus der zu uns gelangenden Strahlung erschließen (\rightarrow Stern). Die Untersuchung der Entwicklung aller dieser verschiedenen Körper im W. ist die Aufgabe der \rightarrow Kosmogonie.

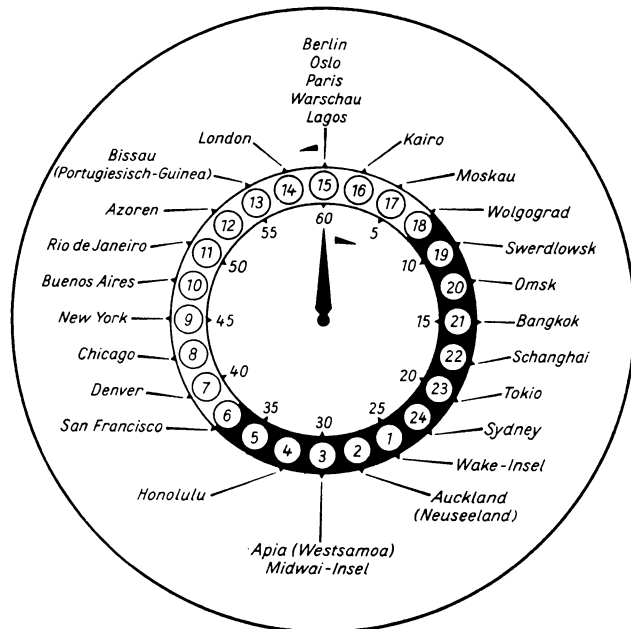
Weltraum..., svw. Raum..., z. B. Weltraumfahrt, svw. \rightarrow Raumfahrt.

Weltzeituhr, **Weltanzeige**, eine Uhr, die gleichzeitig die an den wichtigsten Orten der Erde jeweils gültige Zeit anzeigt. W.n sind meist als elektrische Wanduhren ausgeführt (z. B. in Flughäfen), es gibt aber auch W.n als Armbanduhr (z. B. für Piloten). Man unterscheidet verschiedene Systeme. Bei dem einen System sind auf einem kreisförmigen Zifferblatt anstelle der Ziffern einer normalen Uhr verschiedene Städte oder Inseln eingetragen. Ein sich in 24 Stunden einmal um sich selbst über dem Zifferblatt drehender Ring enthält die Zahlen 1 bis 24, die die Stunden darstellen; die Minuten zeigt ein sich innerhalb des Zahlenringes drehender Zeiger an. Bei einer anderen Ausführung dienen der Zeit-

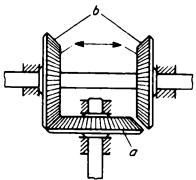
Welvara

angabe viele der betreffenden Zeitzone zugeordnete Zifferblätter mit Zeigern.

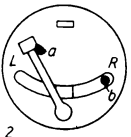
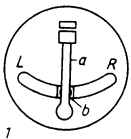
Die Datungrenze verläuft ungefähr auf der Linie des 180. Meridians. Reist man über diese Linie von Ost nach West, so wird ein Tag ausgelassen, umgekehrt wird ein Tag doppelt gezählt.



Weltzeituhr (seit Einführung der British Standard Time im Februar 1948 hat London dieselbe Zonenzeit wie Berlin)



Einfaches Kegelradwendegetriebe mit verschiebbaren Kegelrädern. a festes Zahnrad als Antrieb, b verschiebbare Zahnäder als Abtrieb



Wendezeiger (a) mit Kugellibelle (b) kombiniert: 1 Geradeausflug, 2 Luftfahrzeug fliegt Linkskurve und schiebt rechts

Welvara, → Malimo.

Wendegetriebe, ein Getriebe zur Umkehrung des Richtungsinnes von drehenden und geradlinigen Bewegungen (Drehungs- oder Schubwendegetriebe) oder zur Umwandlung von fortlaufenden Drehungen in kreisförmige oder geradlinige Schwingungen. Bekannte W. sind Kegelrad-, Stirnrad- und Umlaufwendegetriebe. W. werden z. B. in Drehwerken, Schiffen u. a. verwendet.

Wendehorizont, → Wendezeiger.

Wendeklappe, → Schurre.

Wendekreise, die beiden Parallelkreise, über denen die Sonne während der Sommersonnenwende der betreffenden Halbkugel im Zenit kulminiert, danach „wendet“ und sich wieder dem Äquator nähert. Da die Ebene der Ekliptik mit der Ebene des Himmels- und Erdäquators einen Winkel von $23^{\circ}27'$ bildet, liegen die W. auf $23^{\circ}27'$ nördlicher und südlicher Breite. Den nördlichen nennt man nach dem Sternzeichen, in dem die Sonne sich während der Sommersonnenwende befindet, **Wendekreis des Krebses**, den südlichen entsprechend **Wendekreis des Steinbocks**. Die W. auf der Erdkugel grenzen die Tropenzone gegen die beiden gemäßigten Zonen ab (→ Erde, Abb.).

Wendel, eine schraubenförmige Linie, insbesondere ein schraubenförmiger Draht, z. B. ein Heizdraht.

Wendelausleser, sw. → Trieur.

Wendelschwingrinne, ein → Schwingförderer.

Wendepol, ein Hilfspol bei → elektrischen Maschinen mit Kommutator (vor allem bei Gleichstrommaschinen) zur Verbesserung der → Stromwendung. Die W.e haben in erster Linie die Aufgabe, das Luftspaltfeld im Bereich der Stromwendung zu kompensieren.

Wendepunkt, ein Punkt einer ebenen Kurve, in dem die Tangente an die Kurve ihren Drehsinn ändert, d. h., sie „wendet“. Die Tangente tritt von der einen Seite der Kurve auf die andere Seite über. Die Tangente der Kurve im W. heißt **Wendetangente**. Zu beiden Seiten des W.s ist die Kurve nach verschiedenen Seiten gekrümmt, die Krümmung im W. selbst ist Null. Notwendige Bedingung für das Auftreten eines W.s bei einer Funktion $y = f(x)$ ist, daß an dieser Stelle die 2. Ableitung $f''(x)$ den Wert Null annimmt. Wenn außerdem die dritte Ableitung $f'''(x)$ von Null verschieden ist, so liegt mit Sicherheit ein W. vor. Ist dagegen die dritte Ableitung ebenfalls gleich Null, dann sind die nachfolgenden höheren Ableitungen dafür entscheidend, ob ein W. vorliegt oder nicht. Beispiel: Die Kurve $y = f(x) = x^3$ hat im Punkt $x = 0$ einen W. Die Tangente in diesem Punkt an die Kurve, die Wendetangente, ist die x-Achse.

Wendezeiger, ein Kreiselgerät, das die Winkelgeschwindigkeit eines Luftfahrzeuges um seine Hochachse anzeigt. Als Meßfühler dient ein Kreisel mit zwei Freiheitsgraden und einer horizontalen Rotationsachse (parallel zur Längs- oder Querachse des Luftfahrzeuges). Der Kreisel wird meist elektrisch angetrieben, seltener pneumatisch (nur noch vereinzelt als Notsystem). Bei einer Drehung des Luftfahrzeuges um die Hochachse vollführt der Kreisel eine Kippbewegung, die über ein Hebelwerk auf einen Zeiger übertragen wird. Im richtigen Geradeausflug steht der Zeiger unter der Nullmarke (Abb. 1); während einer Kurve schlägt er aus (Abb. 2).

Meist ist mit dem W. eine Kugellibelle (Relativ-Quer-Neigungsmesser) kombiniert. Diese zeigt die Neigung der Querachse (Querneigung, Schräglage) an. Die Kugel muß stets in Mittelstellung gehalten werden (Abb. 1), andernfalls hängt oder schiebt das Luftfahrzeug (Abb. 2). Mit Hilfe von W. und Kugellibelle kann das Fliegen von Kurven einwandfrei überwacht werden.

Oft kombiniert man auch den W. einschließlich Kugellibelle mit einem → künstlichen Horizont zum **Wendehorizont**.

Wendezugbetrieb, bei Eisenbahnen, insbesondere bei Stadtschnellbahnen der Betrieb mit Lokomotivzügen, bei denen die Lokomotive unabhängig von der Fahrtrichtung ihren Platz in der Mitte oder an einem Ende des Zuges beibehält. Die Führung des Zuges erfolgt stets von der Spitze des Zuges, bei Schiebebetrieb von einem Befehlswagen (bei indirekter Steuerung der besetzten Lokomotive) oder einem Steuerwagen aus (bei direkter Steuerung der unbesetzten Lokomotive). Bei entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen können auch schnellfahrende Fernzüge und Güterzüge (z. B. die Autotransportzüge der Schweizerischen Bundesbahnen durch die Alpentunnel) im W. gefahren werden.

Der W. ermöglicht eine Verkürzung der Wendezeiten an den Endbahnhöfen und führt somit zu einer besseren Ausnutzung der Bahnsteiggleise und der Fahrzeuge, besonders bei Kopfbahnhöfen.

Wenlock, → Silur.

Werfer, 1) sw. Geschoßwerfer, → Raketenwaffen. 2) sw. Granatwerfer, → Geschütz.

Werft, 1) ein Boots- oder Schiffbaubetrieb. **Schiffswerften** bestehen heute im allgemeinen aus einem Zeichenbüro, in dem die Vorlagen für das optische Brennschneiden oder das optische Anzeichnen angefertigt werden, einer oder mehreren Schiffbauhallen, in denen Bauteile und Sektionen des Schiffskörpers hergestellt werden, einer oder mehreren → Hellingen bzw. Baudocks für den Zusammenbau der Sektionen zum Schiffskörper, ferner Ausrüstungswerkstätten (meist an einem Ausrüstungskai oder -hafenbecken gelegen) u. a.,

häufig auch einem oder mehreren Trocken- oder Schwimmdocks (→ Dock) bzw. einem → Slip oder einer → Absenk- und Hebe-Anlage für Schiffsreparaturen. Die modernsten W.en weisen bereits ein Rechenbüro für den Entwurf der Schiffslinien, zur Aufstellung von Programmen für numerisch gesteuerte Brennschneid- und Werkzeugmaschinen auf. Weiteres → Schiffbau.

2) ein Betrieb für Durchsicht, Wartung und Reparatur von Flugzeugen.

Werkstanz, der Satz von Büchern im Gegensatz zum Satz von Zeitungen, Zeitschriften und Akzidenzen. Der Bücherdruck wird entsprechend als **Werkdruck** bezeichnet.

Werkstattfertigung, ein Fertigungsprinzip, das von der Gleichheit der Verfahren ausgeht und die verschiedenen Fertigungseinrichtungen danach zusammenfaßt (verfahrensgebundene Ordnung). Es entstehen verfahrensgebundene Werkstätten, z. B. Dreherei, Fräselei, Schlosserei u. dgl. Im Gegensatz zur W. steht die erzeugnisgebundene Ordnung, wobei Fertigungseinrichtungen oder Arbeitsplätze entsprechend dem Fertigungsablauf angeordnet werden.

Werksteine, Bauelemente aus Naturstein oder Beton, die steinmetzmäßig bearbeitet oder geschliffen und poliert sind. **Betonwerksteine** bestehen meist aus Kern- und Vorsatzbeton; für den Vorsatzbeton dient zerkleinerte und klassierte Natursteinkörnung als Zuschlagstoff. W. werden z. B. verwendet als Wandbausteine, Fußbodenplatten, Fenster- und Türgewände, Treppenstufen und Gesimse.

Werkstoffe, im engeren Sinne alle Stoffe, die insbesondere vom Maschinenbau und von der Elektrotechnik zur Herstellung von Geräten, Maschinen und Konstruktionselementen benötigt werden. Die in der Bauindustrie verwendeten Stoffe bezeichnet man meist als → Baustoffe. Die wichtigsten W. sind auch heute noch die metallischen, wenn auch bei den keramischen W.n und den Plasten in den letzten Jahrzehnten bedeutende Fortschritte in Qualität und Anwendbarkeit erzielt worden sind. In der **Werkstoffkunde** nimmt deshalb die → Metallkunde eine führende Stellung ein. Die Probleme, die in der Werkstoffkunde zu lösen sind, erfordern weitreichende Kenntnisse auf den Gebieten der Fertigungstechnik, der Metallurgie und der → Werkstoffprüfung.

W., die einer geforderten Gesamtfunktion dadurch gerecht werden, daß in ihnen mehrere W. mit unterschiedlichen Eigenschaften verbunden sind, heißen → Verbundwerkstoffe.

Lit. Baumgartl: **Werkstoffkunde** kurz und einprägsam, Bd 1 (Leipzig 1965); Eisenkolb: Einführung in die Werkstoffkunde, 5 Bde (Berlin 1966/67), Allgemeine Werkstoffkunde für Ingenieurschulen (3. Aufl. Leipzig 1967); Lüpfer: **Metallische W.** (6. Aufl. Leipzig 1961); Curth: **W. der metallbearbeitenden Industrie** (5. Aufl. Berlin 1967); **Werkstoffkunde für die Bauindustrie** (Berlin 1967); → Werkstoffprüfung.

Werkstoffprüfung (Tafel 31 und 45), die Ermittlung der physikalischen, mechanischen, technologischen und chemischen Eigenschaften des Gefüges und der chemischen Zusammensetzung von Werkstoffen. Die W. hat folgende Aufgaben: Güteüberwachung, Aufklärung von Schadensfällen, Schaffung von Unterlagen für die Grundlagenforschung, für die Standardisierung und Verwendung der Werkstoffe sowie für die Entwicklung neuer Werkstoffe.

Für die Ermittlung grundlegender Eigenschaften wendet man bei metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen vielfach die gleichen Verfahren an, z. B. den Zugversuch oder den Druckversuch. Es werden lediglich verschiedene Probenformen, -abmessungen und -einspannvorrichtungen benutzt. Eigenschaften, die nur für bestimmte Werkstoffe von Bedeutung sind, prüft man nach besonderen Methoden, die für

diese Fälle entwickelt wurden, z. B. für die Prüfung der magnetischen Eigenschaften des Eisens oder der Feuchtigkeit des Holzes.

Die Verfahren zur Prüfung metallischer Werkstoffe teilt man häufig in zerstörende und zerstörungsfreie Verfahren ein. Bei den zuletzt genannten kann die Prüfung an Bauteilen vorgenommen werden, ohne diese zu beschädigen. Diese Einteilung ist jedoch nicht immer eindeutig.

1) Zu den **zerstörenden Prüfverfahren** gehören alle Verfahren der **Festigkeitsprüfung**, die den Widerstand eines Körpers gegen die Einwirkung einer Belastung kennzeichnen. Man unterscheidet statische Verfahren, bei denen eine ruhende oder eine langsam zunehmende Last einwirkt (z. B. → Zugversuch, → Standversuch, → Verdrehversuch), und dynamische Verfahren, bei denen erhöhte Prüfgeschwindigkeiten (z. B. → Kerbschlagbiegeversuch) oder schwingende Beanspruchungen (z. B. Dauerschwingversuch, → Dauerschwingfestigkeit) angewendet werden. Bei der **Härtemessung** ermittelt man den Widerstand eines Körpers, den er dem Eindringen eines anderen, härteren entgegensetzt. Auch hier wendet man statische (z. B. Ermittlung der → Brinellhärte) und dynamische Verfahren an (z. B. Härteprüfung mit dem → Poldihammer).

Technologische Prüfungen werden ausgeführt, wenn man feststellen will, ob ein Werkstoff z. B. zum Schweißen geeignet ist oder ob Halbzeuge, z. B. Rohre, den auftretenden Belastungen standhalten. Man führt diese Versuche in der Regel so aus, daß die Beanspruchungen des Werkstoffes den in der Praxis auftretenden ähnlich sind. So kann man z. B. die Schmiedbarkeit von Stahl durch Ausschmieden eines Flachstabes bis zum Auftreten von Rissen an den Kanten oder die Tiefziehbarkeit von Blechen durch Tiefziehen zylindrischer Näpfchen aus runden Scheiben verschiedener Durchmesser prüfen. Auf die Eigenschaften metallischer Werkstoffe hat das → Gefüge großen Einfluß. **Gefügeuntersuchungen** werden hauptsächlich mikroskopisch an polierten und geätzten Proben vorgenommen (Metallographie). Außerdem sind röntgenographische und elektronenmikroskopische Methoden sowie die Beurteilung von Bruchflächen wichtig (Tafel 52).

Die Zusammensetzung metallischer Werkstoffe stellt man durch die **chemische Analyse** oder durch die **Spektralanalyse** fest. Wichtige Hinweise lassen sich vielfach auch aus dem **Schleifkantenbild** oder durch **Tüpfelreaktionen** gewinnen. In einer letzten Gruppe kann man die Verfahren zusammenfassen, mit denen wie bei den technologischen Methoden bestimmte Verarbeitungseigenschaften geprüft werden sollen. Um die Versuchsdauer abzukürzen oder um Material einzusparen, wird die Prüfung oft unter Bedingungen ausgeführt, die von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen. Dazu gehören die Prüfungen der Härtebarkeit, der Zerspanbarkeit, des Verschleißverhaltens und der Korrosionsbeständigkeit.

2) **Zerstörungsfreie Prüfverfahren** werden in der Regel angewendet, um fehlerhafte Halbzeuge von der Weiterverarbeitung auszuschließen, oder sie dienen zur Schlußkontrolle fertiger Konstruktionsteile. Für die Feststellung von Oberflächenfehlern wendet man häufig **Kapillarverfahren** an, bei denen vorhandene Risse z. B. durch eine Behandlung in Öl oder fluoreszierenden Substanzen sichtbar gemacht werden. Bei ferromagnetischen Werkstoffen sind magnetische Rißprüfer geeignet. Die Fehler an der Oberfläche oder in geringer Tiefe verändern in einem magnetisierten Werkstück den Verlauf der magnetischen Feldlinien. Wenn man in Öl aufgeschwemmtes Eisenpulver über die zu prüfenden Teile gießt, bleiben Pulverteilchen an Stellen, wo sich die

Kraftlinien stauen, haften und zeigen dadurch die Risse an.

Risse an der Oberfläche und im Innern von metallischen Werkstoffen kann man auch durch *induktive Verfahren* feststellen. Man erzeugt mit einer Magnetspule Wirbelströme im Werkstück und wertet die Rückwirkung dieser Wirbelströme auf die Magnetspule oder eine besondere Prüfspule aus. Damit lassen sich auch andere Einflüsse ermitteln, die die elektrische Leitfähigkeit verändern, z. B. Gefügeunterschiede oder verschieden tiefe Einhärtung.

Innere Fehler in Werkstücken und Schweißkonstruktionen, z. B. Lunker, Dopplungen und grobe Schlackeneinschlüsse, ermittelt man nach dem *Durchstrahlverfahren*. Man wendet → Röntgenstrahlung, radioaktive Strahlung (→ Radionuklide), besonders Gammastrahlung (→ Gamma-defektoskopie), und Ultraschall (→ Ultraschallwerkstoffprüfung) an. Die Inhomogenitäten im Werkstück bewirken, daß die Strahlung mit unterschiedlicher Intensität auf der Rückseite austritt. Man erkennt dies z. B. an der ungleichmäßigen Helligkeit am Leuchtschirm. Ultraschallwellen werden an Fehlerstellen reflektiert und ergeben beim Echoimpulsverfahren auf einem Bildschirm einen Ausschlag vor dem an der Rückseite des untersuchten Teils reflektierten Boden- oder Rückwandecho.

3) Außer den unter 1) und 2) genannten Verfahren der W. gibt es noch weitere, die in der Regel an bestimmten Probenformen vorgenommen werden. Man bezeichnet sie oft als *physikalische Prüfungen*. Dazu gehören die Messungen der elektrischen Leitfähigkeit, der Wärmeleitfähigkeit, der Wärmeausdehnung, der Dichte und der magnetischen Eigenschaften.

Lit. Eisenkolb: Einführung in die Werkstoffkunde, Bd 2 (7. Aufl. Berlin 1967); W. von Metallen, Bd 1 u. 2 (Leipzig 1963); Hanke: Prüfung metallischer Werkstoffe, Bd 2 (2. Aufl. Leipzig 1960); H. Lehmann: W., 2 Bde (Leipzig 1957/61); E. A. W. Müller: Handb. der zerstörungsfreien Materialprüfung (München 1965); H. Opitz u. Dude: Allgemeine W. für Ingenieurschulen (2. Aufl. Leipzig 1960); Siebel: Handb. der W., 3 Bde (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955–1958).

Werkstück, allgemeine Bezeichnung für einen Gegenstand während seiner gesamten Fertigungszeit. Dieser Gegenstand kann sehr verschiedenartig sein, z. B. ein Rohteil (Gußstück oder dgl.) oder ein Halbzeug (Blech, Rohr, Brett, Balken, Stange). Die Fertigung erfolgt meist mit einem oder mehreren Werkzeugen nach einem Muster (Modell) oder nach Zeichnung, um dem Werkstück eine gewünschte Form oder Eigenschaft zu geben. Zur Erzeugung der Form und Eigenschaften werden Fertigungsmaschinen und -einrichtungen verwendet, z. B. Hämmer, Pressen, Scheren, spanende Werkzeugmaschinen, Wärmeöfen, Galvanobäder.

Werkstückspanner, ein Fertigungsmittel, um ein Werkstück auf einer Werkzeugmaschine während des Fertigstellungsvorganges zu spannen, seine Lage zu sichern sowie Momente und Kräfte zu übertragen und aufzunehmen. Sicheres Spannen ist Voraussetzung für eine einwandfreie Durchführung des Fertigungsverfahrens bei weitgehender Schonung der Werkzeuge, des Werkstückspanners und der Maschine.

Beim Werkstückspannen unterscheidet man verschiedene Arten. 1) *Axiales Spannen zwischen Spitzen*. Dabei muß das Werkstück mit Zentrierbohrungen versehen sein. Hauptspindel und Reitstock werden mit je einer Körnerspitze versehen. Die Drehmomentübertragung beim Drehen und Schleifen erfolgt durch ein Spannherz oder einen Stirnseitenmitnehmer. 2) *Radiales Spannen im Futter*. Es wird mit Spann- oder Backenfutter durchgeführt. Ein mechanisches Spannutter besteht aus einem runden Stahlgehäuse, in das zwei bis vier Spannbacken mit

treppenförmigen Absätzen in radiale Führungen eingesetzt sind (2-, 3-, 4-Backenfutter). Beim Drehen des Spannschlüssels werden die Spannbacken durch ein Tellerrad mit Spiralschnecke gleichzeitig nach der Mitte hinbewegt oder davon entfernt, wodurch gespannt oder entspannt wird. Diese Betätigung kann auch hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch erfolgen. 3) *Axiales und radiales Spannen auf Planscheiben*, d. s. auf die Hauptspindel aufgespannte Scheiben mit mehreren, einzeln in Schlitten verstellbaren Klemmbacken. 4) Zum Spannen einer wiederkehrenden Fertigung von gleichen Werkstückformen gibt es schnellspannende W., die die Spannzeiten verkürzen. Man unterscheidet **Spannzangen**, bestehend aus einer geschlitzten Buchse, die sich durch Spannkegel radial zusammenendrücken läßt, **Spannpatronen** und **Spanndorne**.

Hinsichtlich der Betätigung der W. unterscheidet man mechanische, hydraulische, pneumatische und elektrische W. sowie Kombinationen derselben.

Lit. Wildförster: W. im Maschinenbau (Halle 1958).

Werkzeug, ein Fertigungsmittel, durch dessen mechanische Einwirkung eine Gestalterzeugung oder -änderung an einem Werkstück vorgenommen wird. Man unterscheidet 1) nach Art der Ausführung der Bewegung **Handwerkzeuge** und in eine Werkzeugmaschine eingesetzte **Maschinenwerkzeuge**, 2) nach dem Anwendungsbereich z. B. W. e zum Spannen, z. B. Drehmeißel, Bohrer, Fräser, Feile, Schaber, Hobel, Säge, Schleifscheibe; W. e zum Umformen, z. B. Hammer, Gesenke, Biegewerkzeug, Ziehwerkzeug; W. e zum Urformen, z. B. Gesenke, Gieß- und Preßformen; W. e zum Schneiden, z. B. Schere, Schnittstempel, Schnittplatte; W. e zum Fügen, z. B. Schraubenschlüssel, Nietkopfmacher, Schraubzwinde, Nähadel, u. a.

Lit. Gröger u. Pohley: W. e (Leipzig 1950).

Werkzeugautomat, → Automat 2).

Werkzeugmaschinen (Tafeln 28, 29, 30), Maschinen, auf denen Werkstücke aus Metall, Holz, Platten, Stein und anderen Werkstoffen spanend oder umformend bearbeitet werden. Die erforderlichen Kräfte und Bewegungen werden von einem Antriebsaggregat erzeugt und über Getriebe auf den Werkzeug- oder Werkstückträger, z. B. Arbeitsspindel, Werkzeugschlitten, Aufspanntisch, Bär, Stöbel u. a., übertragen.

Bei dem heute vorherrschenden Einzelantrieb sind ein oder mehrere Elektromotoren an bzw. in die W. eingebaut. Verwendet werden meist Drehstrommotoren mit konstanter Drehzahl, oft auch polumschaltbare Motoren mit mehreren konstanten Drehzahlen oder Gleichstrommotoren mit stufenloser Drehzahlregelung (Leonardsatz). Zur Anpassung an sich ändernde Fertigungsbedingungen muß bei Drehstrommotoren mit einer oder mehreren konstanten Drehzahlen ein gestuftes oder stufenloses Getriebe zwischen geschaltet werden.

Einteilung. Die W. können nach der Art der Bewegung eingeteilt werden. 1) An W. zum Spannen treten mindestens zwei Bewegungen auf, und zwar die dem Werkzeug oder Werkstück mitgeteilte *Hauptbewegung* (Schnittbewegung) und die dem Arbeitsfortschritt dienende *Vorschubbewegung*. a) W. mit kreisender (umlaufer) Hauptbewegung sind z. B. Dreh-, Bohr-, Fräs-, Schleif-, Kreissägemaschinen. Die Hauptbewegung wird von der Dreh- oder Arbeitsspindel ausgeführt, an der das Werkstück oder Werkzeug direkt, mittels Spannfutter oder in einer Vorrichtung (→ Werkzeugspanner, → Werkstückspanner) befestigt ist. Das Getriebe mit der Arbeitsspindel ist in einem Spindel- oder Räderkasten untergebracht, der mit dem Maschinenständer oder -bett fest verbunden (z. B. bei

Drehmaschinen) oder an Führungsbahnen beweglich angeordnet ist (z. B. bei Bohrmaschinen). Mitunter befindet sich dieses Getriebe auch im Ständer selbst. Das Getriebe für die Vorschubbewegung ist in einen Räderkasten eingebaut, der fest mit dem Ständer oder Bett verbunden oder an dem auf der Führungsbahn beweglichen Werkzeugschlitten angebracht ist. Bei einer langen Führungsbahn ist für den Schlittenvorschub oft ein eigener Motorantrieb vorhanden, um überlange, durchhängende und zur Verdrehung neigende Wellen zu vermeiden. b) W. mit geradliniger (hin- und hergehender) Hauptbewegung sind z. B. Hobel-, Stoß- und Räummaschinen. Die Hauptbewegung wird durch ein im Ständer oder Bett ein- oder daran angebautes Getriebe (Zahnrad und Zahnstange, Gewindespindel und Mutter, Kurbelgetriebe u. dgl.) hervorgerufen, ebenso die Vorschubbewegung. Sind Haupt- und Vorschubbewegung kurz, so wird vielfach hydraulischer Antrieb, in seltenen Fällen auch Antrieb durch Druckluft angewendet. 2) W. der Umformtechnik unterscheidet man danach ob der Kraftangriff unterbrochen (z. B. beim Maschinenschlepphammer), stetig (z. B. bei der Presse) oder stetig fortlaufend ist (z. B. bei Walz- und Ziehmaschinen). Der Getriebeaufbau ist ähnlich dem bei den spanenden W., jedoch herrscht hydraulischer Antrieb vor. Die großen auftretenden Drücke und Schläge erfordern besonders widerstandsfähig ausgebildete Stempel, Matrizen, Fundamente u. a.

Eine weitere Möglichkeit der Einteilung ist die nach der Verwendungsmöglichkeit. Universal für verschiedenartige Werkstückformen verwendbare W. (**Universalmaschinen**) haben viele Verstell- und Einstellmöglichkeiten, so daß mit ihnen verschiedene Werkstückformen hergestellt werden können. So haben z. B. Universaldrehmaschinen einen großen Drehzahl- und Vorschubbereich, Zug- und Leitspindel, Einrichtung zum Wechseln der Spindeldrehrichtung und Zusatzwerkzeugschlitten, hand- und kraftbetätigte Spanneinrichtungen; Nachformeinrichtungen u. a. können eingesetzt werden. Kombinationsscheren können sowohl zum Trennen von Blechen, Stab- und Winkelprofilen als auch zum Ausschneiden und Lochen von Blechen u. a. verwendet werden. Universal für verschiedenartige Werkstückform verwendbare W. können entsprechend der Ausführungsform in allen Fertigungsarten zum Einsatz kommen, z. B. Universalmaschinen in Einzel- und Kleinserienfertigung, Produktions-, Nachform- und Revolvermaschinen in der Serienfertigung, automatisierte universale W. in der Großserien- und Massenfertigung. — **Sondermaschinen** dienen zur Herstellung nur einer bestimmten Werkstückform, aber mit verschiedenen Werkstückabmessungen (z. B. Kurbelwellendrehmaschinen, Schraubenmaschinen) oder nur zur Ausführung einzelner Arbeitsgänge (**Einzweckmaschine**). Sondermaschinen sind die geeigneten Maschinen für die Serien- und Massenfertigung. Spezialmaschinen sind nur für ein bestimmtes Werkstück verwendbar; ihr Anwendungsbereich liegt daher nur bei sehr hohen Stückzahlen und langer Fertigungsperspektive. Im Zuge der Mechanisierung setzt man in zunehmendem Maße **Nachformmaschinen** ein, auf denen Werkstücke selbsttätig durch → Nachformen eines Bezugsformstückes (Modell oder Schablone) hergestellt werden. Die Vorschubbewegungen von Sondermaschinen geschehen meist hydraulisch, die Schaltbewegungen elektrisch.

Mehrere Arbeitsstufen selbsttätig verrichtende W., insbesondere Drehmaschinen, werden Drehautomaten (→ Automat) genannt. Es gibt Ein- und Mehrspindelautomaten (4-, 5-, 6-, 8-Spindler). Stangenautomaten wird der Werkstoff in Form

von Stangen zugeführt, aus denen vollautomatisch fertige Werkstücke hergestellt werden. Bei Futterautomaten wird ein vorgepreßtes oder gegossenes Werkstück von Hand in Futter eingelegt, die elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch gespannt werden. Werden Futterautomaten durch selbsttätige Zuführungseinrichtungen ergänzt, so können auch auf ihnen geeignete Werkstücke vollautomatisch hergestellt werden. Die Vorschub-, Spann- und Schaltbewegungen aller Drehautomaten werden überwiegend durch Kurven gesteuert, die auf den Haupt- und Hilfssteuerwellen sitzen. Drehautomaten sind vor allem in der Massenfertigung, z. B. von Kugellagern, Bolzen, Schrauben, Büchsen u. a., zu finden.

Eine andere Möglichkeit der Steuerung von Bewegungen ist die elektrische oder elektrohydraulische Steuerung. Die verschiedenen Arbeitsgänge zur Herstellung eines Werkstücks werden vor Fertigungsbeginn nach einem Zeitplan in bezug auf Folge und Dauer festgelegt, → numerische Steuerung.

Vielfach werden mehrere verschiedenartige Sondermaschinen durch entsprechende Magazine, Zuführungs-, Lade-, Entnahme- und Transporteinrichtungen miteinander verbunden (verkettet), so daß sie eine automatische Fließstraße (→ Fließfertigung) bilden, auf der in mehreren Arbeitsgängen (z. B. Sägen, Drehen, Bohren, Fräsen, Abfasen, Schleifen u. dgl.) automatisch Werkstücke hergestellt werden.

Beim Bau der W. findet immer mehr das → **Baukastensystem** Anwendung.

Lit. Atscherkan: W. (2 Bde, dtsh Berlin, Bd 1 4. Aufl. 1962, Bd 2 1953); Coenen: Elemente des Werkzeugmaschinenbaus (4. Aufl. Leipzig 1963); Mütze: Numerisch gesteuerte W. (Berlin 1967); Schöpke: Grundlagen der Konstruktion von W. (Berlin, Hamburg, München, Kiel, Darmstadt 1960); Werkzeugmaschinen, Lehrbriefe für das Fernstudium, 2. Ausgabe (Berlin 1967).

Werkzeugspanner, ein Fertigungsmittel, das das Werkzeug mit der Werkzeugmaschine verbindet. W. dienen zur Lagebestimmung, zum Spannen und Halten des Werkzeuges sowie meist zur Bewegungsübertragung von der Maschine auf das Werkzeug. W. sind z. B. für das Bohren das Bohrfutter, beim Fräsen der Messerkopf, beim Drehen W. mit Spannpratze oder Spannklaue, Wechselmeißelhalter, Revolverköpfe u. a.

Werkzeugstahl, ein Werkstoff aus Stahl, der durch Härten auf große Druckfestigkeit gebracht werden kann. Man unterscheidet zwischen unlegiertem Werkzeugstahl (etwa 0,5 bis 1,7 % Kohlenstoff) und legiertem Werkzeugstahl. Legierungselemente sind Chrom, Wolfram, Vanadin, Molybdän. Die Zerspanungstemperatur soll bei unlegiertem Werkzeugstahl nicht über 200 °C und bei legiertem Werkzeugstahl nicht über 300 °C liegen, da die Härte oberhalb dieser Temperaturen stark nachläßt. W. wird für Werkzeuge angewendet, die keine große Wärmebelastung erfahren.

Wertigkeit, → Bindung 1).

Wertpapierdruck, der Druck von Wertpapieren, Geldscheinen, Briefmarken u. a. Beim W. werden das → Guillochieren und andere komplizierte Herstellungsmethoden angewendet, um Fälschung und Nachahmung zu erschweren oder zu verhindern.

Es werden Hadern- oder Wasserzeichenpapiere verwendet.

Westfal, → Karbon.

Westinghouse-Bremse, eine → Eisenbahnbremse.

Weston-Element, ein → galvanisches Element. **Westpunkt**, **Abendpunkt**, der Schnittpunkt zwischen Horizont und Himmelsäquator, der westlich vom Beobachter gelegen ist. Im W. geht zur Tagundnachtgleiche die Sonne unter.

Wetter, 1) Meteorologie: der Zustand der Atmosphäre sowie die sich in ihr abspielenden

meteorologischen Vorgänge zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort, im Unterschied zum Klima, das die Gesamtheit aller meteorologischen Erscheinungen an einem Ort oder in einem Gebiet im Durchschnitt eines größeren Zeitraums darstellt. Schauplatz des Wettergeschehens ist nur der untere Bereich der Atmosphäre, die Troposphäre.

Der Wetterablauf wird durch viele Faktoren bestimmt, die verschieden aufeinander einwirken, z. B. durch Luftdruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, vor allem aber durch die Strahlung, die fast die ganze Energie für das Wettergeschehen liefert. Innerhalb der einzelnen Luftmassen läuft das Wettergeschehen ziemlich gleichmäßig ab; Änderungen des Wettergeschehens sind an **Wetterfronten** gebunden, an denen sich die oben genannten Faktoren, die **Wetterelemente**, sprunghaft ändern. Die Zusammenfassung des Wettergeschehens über ausgedehntere Gebieten zu einem bestimmten Zeitpunkt nennt man **Wetterlage**. Einige typische, häufig wiederkehrende Wetterlagen, die den Witterungscharakter für einen längeren Zeitraum bestimmen, bezeichnet man als **Großwetterlagen**. Sie unterscheiden sich durch die Lage ihres Steuerungszentrums, d. h. ihrer Hoch- und Tiefdruckgebiete (z. B. Azorenhoch, Islandtief).

Die Atmosphäre im allgemeinen und das W. im besonderen sind Forschungsgebiet der → Meteorologie.

Über Wetterbeeinflussung → Klimalenkung.

2) **Bergbau**: alle in der Grube vorkommenden Luft- und Gasgemische einschließlich der Atemluft. Die zugeführte Frischluft nennt man gute oder frische W. Matte oder stickende W. enthalten große Anteile nicht atembare Gase, wie Kohlendioxid, Stickstoff, und weniger als 5% Sauerstoff. Böse oder giftige W. enthalten giftige Gase, wie Kohlenmonoxid oder Schwefelwasserstoff. **Schlagende W.** sind Gemische aus Luft und brennbaren Gasen, vor allem Grubengas (→ Methan), ferner Wasserstoff und schwere Kohlenwasserstoffe, wie Äthan. Sie können entzündet werden durch einen beim Schießen, beim Anschlagen von Stahl an Stein oder in elektrischen Leitungen entstehenden Funken. Gefährlich sind besonders die Nachschwaden, d. h. die durch die Explosion entstandenen Gase, die wegen des Gehaltes an Kohlendioxid und Stickstoff erstickend wirken und meist auch viel Kohlenmonoxid enthalten, sowie die durch schlagende W. in Steinkohlengruben ausgelösten Kohlenstaubexplosionen (→ Kohlenstaub). Vorbeugung gegen schlagende W.: gute Bewetterung der Grubenbaue, Verwendung elektrischer Lampen, Prüfen der Baue mit der Wetterlampe (→ Geleucht) auf anstehende schlagende W. Über die Wetterführung → Untertagebau.

Wetterdienst, → Meteorologie.

Wetterkarte, eine von meteorologischen Zentralstellen ausgearbeitete Landkarte, die den Wetterzustand über einem größeren Raum der Erdoberfläche darstellt.

Die **Bodenwetterkarte**, z. B. im Maßstab 1 : 15 Millionen für Europa, enthält die von den Wetterbeobachtungsstellen gemeldeten synoptischen Beobachtungswerte in Form von Zahlen und Symbolen, die nach einem bestimmten Schema (*Stationsmodell*) handschriftlich oder mit Automaten eingetragen werden. Die Wetterkartenanalyse, welche die Grundlage der Wettervorhersage bildet, ergibt folgende zusätzliche Eintragungen in die W.: Verlauf der Isobaren, d. h. der Linien gleichen Druckes, Markierung der Drucksteig- und Druckfallgebiete, deutliche Kennzeichnung der Niederschlags- und Nebelfelder, Begrenzung der Luftmassen durch Wetterfronten (Abb. S. 1171).

Unter **Luftdruck-Tendenzkarte** versteht man eine Landkarte, auf der die Änderungsbeträge für die letzten 3 Stunden eingetragen sind.

Die **Höhenwetterkarten** bringen für bestimmte Druckflächen, z. B. 850, 700, 500, 300 mbar usw., die Meßwerte für Temperatur, Taupunkttemperatur, Windrichtung und -stärke (in km/h) und die Höhe der entsprechenden Druckfläche (in dam). In diese Karten werden z. B. Isothermen, Isotachen und insbesondere Isohypsen eingetragen. Beziehen sich dabei die Höhenangaben auf N. N., so heißen die Höhenwetterkarten *absolute Topographien*; ihre Isohypsen können zur Bestimmung des Windes zwischen den Meßpunkten, die besonders über dem Atlantik wenig dicht liegen, dienen. Beziehen sich die Höhenangaben jedoch auf eine niedriger gelegene andere Druckfläche, z. B. 500 über 1000 mbar, 300 über 700 mbar usw., so heißen diese Höhenkarten *relative Topographien*; ihre Isohypsen können zur angenähernten Bestimmung der entsprechenden Schichtmitteltemperatur dienen. Aus einer relativen und der zugehörigen absoluten Topographie lassen sich Temperatur- (Advektions-) Tendenzkarten überschlägig ermitteln.

In jüngster Zeit werden Topographien durch Automaten, die direkt mit Meßdaten beliefert werden, mit sehr großer Geschwindigkeit gezeichnet und analysiert. Dabei werden gleichzeitig Meßwertkontrollen durchgeführt, falsche Werte eliminiert oder korrigiert. Auch Bodenwettermeldungen können jetzt rascher als von Hand mit Automaten eingetragen und dabei die Isobaren gezeichnet werden. Die automatische Frontenanalyse ist noch nicht voll befriedigend gelöst.

Höhenwettervorhersagekarten werden nach graphischen oder numerischen Verfahren meist mit Rechenautomaten für Intervalle bis zu etwa 3 Tagen berechnet und automatisch gezeichnet. An der Verbesserung dieser Methode, deren Ergebnisse noch nicht immer voll befriedigend sind, wird ständig gearbeitet.

Boden- und Höhenwetterkarten dienen außerdem zur graphischen Bestimmung der **Bodenvorhersagekarte**, die den für 24 Stunden vorhergesagten Isobaren- und Frontenverlauf angibt. Die Auswirkungen dieser Isobaren- und dieser Frontensituationen auf den künftigen Wetterablauf müssen vom Meteorologen noch richtig interpretiert werden.

Wetterkunde, ein Teilgebiet der → Meteorologie.

Wetterlampe, → Geleucht.

Wetterleuchten, → Gewitter.

Wetternachrichtennetz, ein nach internationalen Vereinbarungen errichtetes zwischenstaatliches Nachrichtennetz, das ausschließlich dem Austausch von Wetterbeobachtungen aller Art sowie von Auswertungsergebnissen dient. Das W. verbindet z. Zt. auf der Nordhalbkugel ringförmig die Hauptzentren Washington—Offenbach—Moskau—Neu-Delhi—Tokio—Washington. Auf der Südhalbkugel sind die Zentren Brasilia—Nairobi—Melbourne—Brasilia im Ring verbunden, und außerdem besteht zwischen Nord- und Südhalbkugel eine Querverbindung Offenbach—Nairobi, der die Verbindungen von Washington nach Brasilia und von Neu-Delhi nach Melbourne folgen sollen, womit ein globaler Wetternachrichtenaustausch möglich wird. Nachrichtenmittel sind Fernschreibgeräte (über Draht oder Funk). Da die (Wetter-, Witterungs- usw.) Vorhersagekarten, besonders die für die Höhe und auch für längere Fristen, nur noch an großen („Welt“) Zentren, z. B. Moskau, Washington o. ä., mit erheblichem Personal- und Maschinen-Aufwand ermittelt werden können, werden andere Kanäle des W.es zur Übermittlung oder zum Austausch dieser Rechenergebnisse benutzt. Nachrichtenmittel sind hierbei

meist Faksimileschreibgeräte (über Funk oder Draht). Auch Nachrichtensatelliten werden in das W. eingegliedert, um den interkontinentalen Austausch zu sichern und zu erleichtern. Die nationalen W. liefern über die genannten Zentren ihre Beobachtungen an das internationale W. und empfangen von dort Auswertungsergebnisse nach vereinbarten Plänen.

Wetterprognose, svw. → Wettervorhersage.

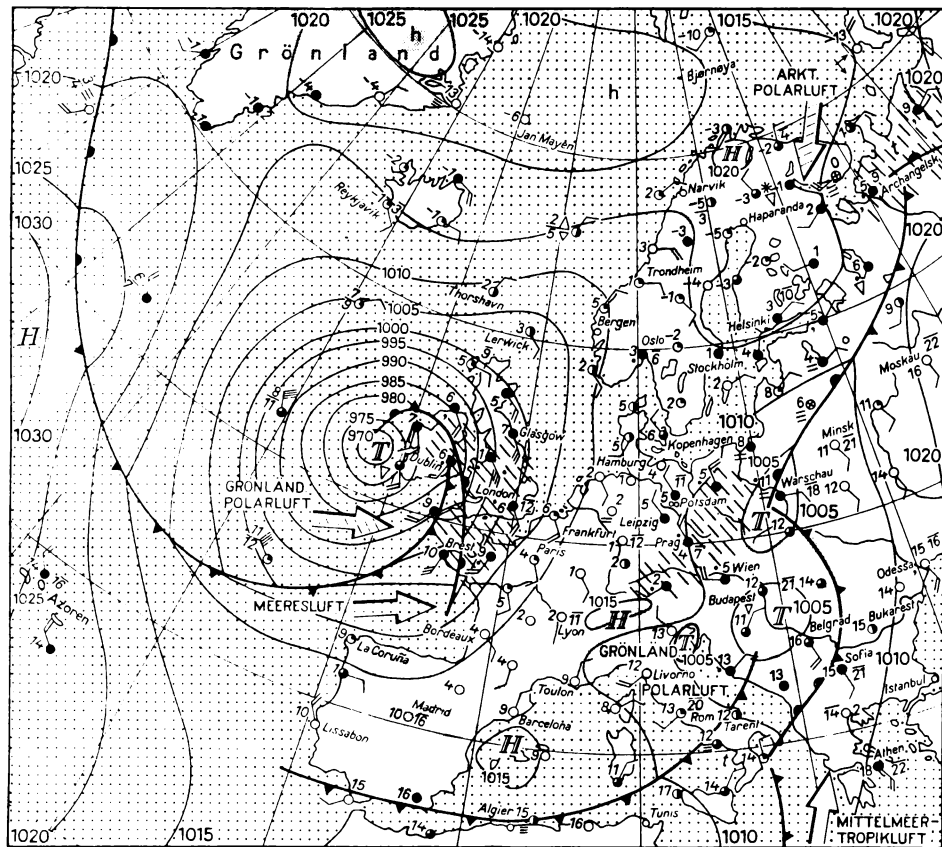
Wetterradar, → Radar.

Wettersatellit (Tafel 18), ein künstlicher → Erdsatellit, der mit Fernsehkameras und Strahlungsmeßgeräten (Infrarotbereich) eine großräumige Überwachung des Wetters in Gebieten ermöglicht, die bisher kaum erfaßt wurden (Weltmeere, wenig besiedelte Regionen). Die Hauptergebnisse der Messungen sind Wolkenstruktur und -verteilung auf der Tagseite der Erde sowie die Temperaturverteilung auf der Meeres-, Erd-, Schnee- oder Wolkenoberfläche. Aus den Wolkenbildern bzw. deren Veränderungen von

Umlauf zu Umlauf ergeben sich Entwicklungshinweise z. B. von Schlechtwettergebieten und besonders auch von Wirbelstürmen und deren Verlagerungsgeschwindigkeiten. Mit diesen Kenntnissen können die Wettervorhersage und der Unwetterwarndienst verbessert und damit durch rechtzeitig eingeleitete Abwehrmaßnahmen Schäden vermindert werden.

Die Meßergebnisse der W.en werden z. T. in den Satelliten gespeichert und von bestimmten Bodenstellen abgerufen, z. T. (wie die Wolkenaufnahmen der amerikanischen W.en) auch laufend gesendet, so daß sie mit geeigneten Empfangsapparaturen von beliebigen Interessenten für deren Vorhersagebereich aufgenommen und direkt verwertet werden können.

Von den USA wurden bisher die erfolgreichen Tiros-, Nimbus- und Echo-Serien gestartet (erster W. — Tiros 1 — Start 1960); die UdSSR startete 1966 ihren ersten W., Kosmos 122. Als künftiges Ziel sind bei der Aeros-Serie der USA



Strömung:		Wetter zum Beobachtungstermin:		Bewölkung:	
—▲— Warmfront	↗ in Warmluft	∞ Dunst	• Nieseln	△ Graupel	○ wolkenlos
—▲— Kaltfront	↖ in Kaltluft	• Nebeldunst	• Regen	▲ Hagel	○ heiter
—▲— Okklusion		= Bodennebel	~ Glatteis	▽ Schauer	○ wolkig
--- Luftmassengrenze	/// Niederschlagsgebiet	= Nebel	* Schnee	⚡ Wetterleuchten	● stark bewölkt
		(B) Nebel in der Umgebung	+ Schneetreiben	⬛ Gewitter	● bedeckt
					● nicht angebar
Bodenwind:		Druck:		Temperatur:	
○ windstill	○ Südost 30 km/h	H Hoch	h Hochausläufer	10 10 °C	Lufttemperatur
○ Nordost 5 km/h	○ Südwest 100 km/h	T Tief	t Tiefausläufer	12 12 °C	Wassertemperatur
○ Ost 10 km/h				20	Temperatur - Maximum des Vortages

Wetterkarte: Wetterlage am 4. 5. 1967 über Europa

drei in etwa 36000 km Höhe über dem Äquator um je 120 Längengrade versetzt, relativ zur Erde feststehende W.en vorgesehen, die ständig fast die gesamte Erdoberfläche mit ihren Meßgeräten erfassen.

Die UdSSR baute mit Hilfe ihrer W.en das meteorologische System Meteor auf.

Durch langjährige Bestimmung des außeratmosphärischen Strahlungsspektrums der Sonne mittels der Wettersatelliten und durch anschließende Erforschung der Zusammenhänge mit den Zirkulationsschwankungen der Erdatmosphäre werden künftig wahrscheinlich auch die mittel- und langfristigen → Wettervorhersagen verbessert werden können.

Weiteres über W.en → Raumfahrt (Tab.).

Wetterscheide, der Trennungsbereich für Gebiete mit verschiedenem Witterungscharakter. W.n sind Gebirge (Alpen, Skandinavisches Gebirge, Anden, Kordillieren, Kaukasus, in schwächerer Form auch Mittelgebirge), mitunter aber auch ausgedehnte Wald- und Mooregebiete sowie große Binnenseen. Besonders deutliche Unterschiede im Wettergeschehen treten auf der Luv- und Leeseite eines Gebirges auf, das quer zur häufigsten Zugrichtung der Störungen verläuft. Häufig bilden die W.n auch Klimascheiden.

Wettervorhersage, Wetterprognose, eine Aufgabe des praktischen Wetterdienstes. Die Grundlage der wissenschaftlichen W. legte H. W. Brandes durch seine Erkenntnisse, daß das Wetter nicht an einem festen Ort entsteht oder sich auflöst, sondern daß die wetterbestimmenden Gebilde, z. B. Hoch- und Tiefdruckgebiete, auf bestimmten Zugbahnen wandern. Die Entstehung der W. vollzieht sich in 6 Etappen: 1) Gleichzeitige Wetterbeobachtung (persönliche, zunehmend automatische) an vielen Orten auf dem gesamten Erdball auf staatlich unterhaltenen Wetterstationen; 2) Zusammenstellung der Beobachtungen nach einem internationalen Witterschlüssel; 3) Übermittlung (meist durch Fernschreibgeräte) an Wetternachrichtenzentren; 4) Austausch und Verbreitung der Wetternachrichten an die zuständigen Wetterdienststellen; 5) auf der Wetterdienststelle Eintragung der Wettermeldungen in die Arbeitswetterkarte nach dem Stationsmodell durch den Wetterdiensttechniker und darauffolgende Wetteranalyse, die der Meteorologe vornimmt; 6) Ausarbeiten der W. durch den Meteorologen nach bestimmten Methoden: Berechnung der Zugbahn und Geschwindigkeit von Hoch- und Tiefdruckgebieten für den nächsten Tag; Bestimmung der Energieveränderungen in der Atmosphäre an Hand der Temperatur-, Wind- und Niederschlagsverhältnisse; Verwendung mathematisch-statistischer Regeln, z. B. die periodischer Ausbrüche arktischer Luftmassen aus der Polarkalotte; Beziehung der Wetterlage zu den Singularitäten, d. h. den jährlich wiederkehrenden Gesetzmäßigkeiten im Witterungsablauf, z. B. Eisehülle u. a. In neuerer Zeit werden die Etappen 4) und 5) durch größere, international festgelegte Zentren bearbeitet und von dort fertig gezeichnete und weitgehend vorbereitete Wetterkarten verschiedener Art mittels Funk- oder Drahtfaksimilegeräten verbreitet, so daß an den zuständigen Wetterdienststellen nur noch die Etappe 6) zu bearbeiten ist. Für Einzelvorhersagen im engeren Vorhersagebereich der zuständigen Wetterdienststellen sind die Faksimilekarten jedoch unzureichend, da das Auflösungsvermögen des Übermittlungsverfahrens hierfür nicht genügt, und die Vorhersagen müssen noch von Hand eingetragen werden.

Bei den **Kurzfristprognosen** mit einem Gültigkeitsbereich bis etwa 48 Stunden ist die Angabe der Intensität einiger Wetterelemente möglich: Tageshöchsttemperatur, nächtliche Tiefstwerte,

Windrichtung und -geschwindigkeit, Niederschlag und Bewölkung.

Die **Mittelfristprognosen** bis zu etwa 5 Tagen erlauben die Angabe einzelner Wetterelemente nicht mehr; im allgemeinen wird nur die Tendenz der Wetterentwicklung bekanntgegeben.

Die **Langfristprognosen** für einen Zeitraum von über 5 Tagen sind bei dem heutigen Stand der meteorologischen Forschung noch nicht exakt begründet.

Die W. wird durch Funk und Presse übermittelt. Zu speziellen Sendezeiten werden Seewetterbericht, Straßenwetterbericht und Wetterbericht für die Landwirtschaft bekanntgegeben. Erteilung meteorologischer Auskünfte an spezielle Interessenten wie Wirtschaft, Verkehr, Luftfahrt, Seeschifffahrt, Medizin u. a. wird als **Wetterberatung** bezeichnet.

Wetzen, ein spanendes Fertigungsverfahren zum Schärfen von Werkzeugen. Es erfolgt bei Handwerkzeugen z. B. durch Streichen mit Wetzsteinen, bei Maschinenwerkzeugen auf Werkzeugmaschinen (z. B. W. von Reibahlen).

WEZ, Abk. für Westeuropäische Zeit, → Zeit.

Wh, Kurz. für → Wattstunde.

Wheatstonesche Brücke, eine → Brückenschaltung.

Whisker [aus dem Englischen], sehr feine, haar- oder fadenförmige anorganische und organische Kristalle. Der Durchmesser beträgt 1 bis höchstens 25 µm, die Länge überschreitet nur in Einzelfällen 1 cm. Die mechanischen und physikalischen Eigenschaften liegen gegenüber größeren Kristallen bei wesentlich besseren Werten und kommen denen idealer Kristalle nahe. W. lassen sich durch spontanes Wachstum aus Lösungen, Schmelzen und der Gasphase züchten (→ Kristallzüchtung).

Bisher werden W. wegen ihrer geringen Länge noch nicht technisch verwendet, jedoch wurden erste Versuche zur Herstellung von metallwhiskerverstärkten Kunststoffen angestellt. In der wissenschaftlichen Forschung haben W. bereits Bedeutung erlangt, insbesondere bei der Untersuchung magnetischer Elementarprozesse.

Wichte, spezifisches Gewicht, **Artgewicht**, das Gewicht eines Stoffes je Volumeneinheit. Es gilt $\gamma = G/V$, wobei $\gamma = W.$, G = Gewicht und V = Volumen. Die W. wird in p cm^{-3} , kp dm^{-3} oder Nm^{-3} angegeben. Da die Größe des Gewichts von der örtlich veränderlichen Erdbeschleunigung g abhängt, ist auch die W. ortsabhängig. Innerhalb des gleichen Maßsystems ist die W. stets um den Faktor g größer als die Dichte: $\gamma = dg$. Allerdings sind die örtlichen Erdbeschleunigungsunterschiede praktisch vernachlässigbar. Gesetzlich festgelegt ist nur die Dichte.

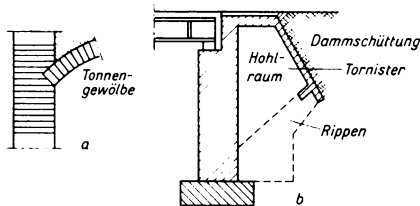
Wicklung, → Spule.

Widerpunkt, svw. → Frühlingspunkt.

Widerdruck, → Schöndruck.

Widerhall, svw. → Echo.

Widerlager, das Auflager von Bogenkonstruktionen, Gewölben oder der Unterbau der Tragwerke für Stahl- und Massivbrücken. Das W. nimmt die Auflagerdrücke auf und überträgt sie auf den angrenzenden Baukörper oder den Baugrund.



Widerlager: a Gewölbewiderlager, b Brückenwiderlager

Widerstand, 1) allgemein eine Kraft, die einer Bewegung entgegenwirkt, z. B. Reibungswiderstand, → Reibung. Der **W.** des Mittels (→ Luftwiderstand, Wasserwiderstand) ist die von der Geschwindigkeit des bewegten Körpers und seiner Form sowie von der Zähigkeit des Mittels abhängende, der Bewegung entgegenwirkende Kraft, → Strömungslehre. Der **Trägheitswiderstand** ist der **W.** einer Masse gegenüber der Beschleunigung, die ihr erteilt werden soll. Er wirkt stets der Beschleunigung entgegen, d. h. zurückhaltend bei Beschleunigung, treibend bei Verzögerung. Ist m die Masse und a (ms^{-2}) die Beschleunigung, die ihr aufgezungen werden soll, so ist der Trägheitswiderstand $F = m \cdot a$ (kp). Beispiele: Führt man in einer Straßenbahn, so fühlt man beim Anfahren des Wagens einen Ruck nach rückwärts, während man bei plötzlichem Bremsen nach vorn fällt. Führt ein Aufzug aufwärts, so wird man beim Anfahren schwerer, beim Anhalten leichter. Wird eine Last, die an einem Kran hängt, beim Senken zu schnell gebremst, oder fährt der Kran beim Heben der Last zu schnell an, wird also die Beschleunigung zu hoch, so kann das Seil, das dann neben dem Lastgewicht noch den Trägheitswiderstand aufnehmen muß, infolge von Überbeanspruchung reißen. Einen Sonderfall stellt die Fliehkraft dar (→ Zentralbewegung).

2) **elektrischer W.**, Zeichen R , a) der **W.**, den ein Stoff dem Durchgang des elektrischen Stroms entgegenstellt; b) der Leiter selbst, der Träger des **W.**es ist. Die Beziehungen zwischen Spannung, Stromstärke und **W.** unterliegen dem → Ohmschen Gesetz. Der **W.** der Stoffe gegenüber der Elektrizitätsleitung beruht darauf, daß sich die Ladungsträger, d. h. die Ionen und Elektronen, zwischen den Atomen hindurchschieben müssen. Sie stoßen die Atome dabei an und versetzen sie in Schwingungen bzw. erhöhen deren kinetische Energie. Hierbei wird elektrische Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Die Einheit des elektrischen **W.**es ist das → Ohm (Kurz. Ω).

Der **spezifische elektrische W.** ρ ist der **W.** eines Leiters vom Querschnitt 1 und der Länge 1 im gewählten Maßsystem. Der reziproke Wert des spezifischen **W.**es ist identisch mit der spezifischen elektrischen → Leitfähigkeit.

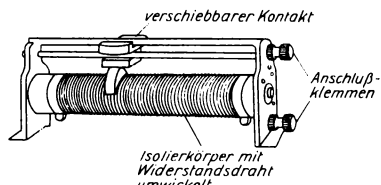
Der hier erklärte **Ohmsche W.** tritt bei Gleich- wie bei Wechselstrom (hier als **Wirkwiderstand** bezeichnet) auf. Bei Wechselstrom wirkt jedoch noch der **Blindwiderstand** mit (→ Wechselstromwiderstand).

Man unterscheidet in einem Stromkreis den **Innenwiderstand** der Stromquelle und den **Außenwiderstand** der angeschlossenen Geräte. Die Übertragungseigenschaften in einem elektrischen Vierpol werden durch den → **Wellenwiderstand** gekennzeichnet.

In der Elektrotechnik werden Widerstände zum Einstellen von Stromstärke und Spannung verwendet, außerdem benutzt man sie auch zur Erzeugung von Wärme (**Heizwiderstände**). Für geringe Widerstände (bis einige 1000 Ω) verwendet man auf Isolatoren aufgewickelten **Draht** (**Drahtwiderstand**) oder Metallband oder auch auf Isolatoren aufgetragene dünne Metallschichten und für hohe Widerstände auf Isolatoren aufgetragene dünne Graphitschichten oder aufgedampfte Metallschichten (**Schichtwiderstand**). Ferner werden Halbleiter oder lange, mit Elektronen versehene Glasrohre, die mit schlecht leitenden Flüssigkeiten, wie Xylol, H_2O (**Flüssigkeitswiderstände**), gefüllt sind, als Widerstände benutzt. Bei Metallen nimmt der **W.** mit der Temperatur zu, und zwar bei reinen, festen Metallen um etwa 0,4 % je Grad Celsius. Im Unterschied zu diesen Kaltleitern nimmt der **W.** bei → Heißleitern mit der Temperatur ab.

Nach ihrem Aufbau unterscheidet man **feste Widerstände** und **verstellbare Widerstände**. Zu

letzteren gehören die Schiebe-, Dreh-, Kurbel- und Stöpselwiderstände. Bei den **Schiebewiderständen**, bei denen der Widerstandsdraht auf einen Zylinder aus Isoliermaterial gewickelt ist, erfolgt die Verstellung durch einen verschiebbaren Kontakt, der auf der blanken Wicklung



Schiebewiderstand

gleitet. Beim **Drehwiderstand**, dessen Wicklung auf einem Isoliererring angebracht ist, wird der **W.** durch Drehen des Kontaktes verstellt. Bei den **Kurbelwiderständen** gleitet eine Kontaktfeder über mehrere Kontaktknöpfe, an denen die einzelnen Widerstandswendeln angeschlossen sind, so daß beim Drehen der Kurbel nacheinander Widerstände an- oder abgeschaltet werden. Kurbelwiderstände verwendet man z. B. als Anlasser. Bei **Stöpselwiderständen** werden die einzelnen Widerstände durch Hineinstecken oder Herausziehen von Stöpseln ein- und ausgeschaltet.

Ferner unterscheidet man die Widerstände nach ihrem Verwendungszweck. **Anlaß- und Regulierwiderstände** dienen zur Einstellung der Stromstärke beim Anlassen von Elektromotoren und bei elektrischen Geräten. **Heizwiderstände** werden benutzt zur Erzeugung von Wärme durch den elektrischen Strom, z. B. in Bügeleisen, Heizkissen und -öfen, Kochplatten und -geräten; sie bestehen entweder aus Metall, aus Silnit oder aus Graphit. **Meßwiderstände** sind Widerstände, die nur wenig von ihrem Sollwert abweichen. Sie werden in der elektrischen Meßtechnik verwendet. Darunter fallen auch die **Normalwiderstände**, d. s. geeichte Widerstände, die als Vergleichswiderstände für sehr genaue Messungen verwendet werden. Sie bestehen aus besonderem Widerstandsmaterial, z. B. Manganin, dessen spezifischer **W.** möglichst wenig von der Temperatur abhängig sein soll.

Widerstandsbremmung, eine Methode zur Bremsung einer → elektrischen Maschine, bei der diese als Generator auf Widerstände arbeitet. Im Extremfall, wobei der Widerstandswert Null wird, spricht man von **Kurzschlußbremsung**.

Widerstandsmesser, Ohmmeter, ein elektrisches Meßinstrument zum Messen von Ohmschen Widerständen. An den Widerstand wird eine bekannte, konstante Spannung gelegt und der durchfließende Strom gemessen. Da dieser umgekehrt proportional dem Widerstand ist, kann die Skala in Widerstandswerten geeicht werden. Der **W.** enthält meist eine Trockenbatterie und für die Anzeige ein quotientenbildendes **Kreuzspulinstrument**. Dieses besitzt zwei gekreuzte, mechanisch fest verbundene Spulen, die sich im Feld eines Dauermagneten drehen. Sein Zeigerausschlag hängt nur vom Verhältnis der Ströme in den beiden Spulen ab. Leitet man durch eine Spule den Strom durch den unbekannten Widerstand und legt die andere Spule an die Klemmen der Batterie, so wird die Anzeige unabhängig von der Höhe der Batteriespannung.

Widerstandsmoment, Zeichen W , der Querschnittsfaktor, der in Festigkeitsberechnungen unter der Voraussetzung eines linearen Spannungszustandes mit der maximalen Spannung zu multiplizieren ist, um das Biegemoment (Drehmoment) der inneren Kräfte zu erhalten. Das **W.** wird errechnet als Quotient aus dem Flächen-

trägheitsmoment I der Querschnittsfläche des beanspruchten Teiles (\rightarrow Trägheitsmoment) und dem Abstand a des äußeren Randes von der neutralen Achse des Querschnittes: $W = \frac{I}{a}$. Bei

unsymmetrischen Querschnitten unterscheidet man je nach Belastung senkrecht zur x - oder y -Achse W_x und W_y .

Widerstandssofen, ein \rightarrow Elektroofen.

Widerstandszelle, svw. \rightarrow Photowiderstand.

Widia, Wz. für ein \rightarrow Hartmetall.

Wiederbeleuchtungsgeräte, \rightarrow Beatmungsgeräte.

Wiedergabewandler, \rightarrow elektroakustische Wandler.

Wiedernutzbarmachung, die Überführung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Flächen in land-, forst- und wasserwirtschaftliche Nutzung. Die erste Phase der W. ist die Wiederurbarmachung (sämtliche Maßnahmen des Bergbaues, die zerstörten oder überkippten Flächen für einen Wirtschaftszweig rekultivierbar herzurichten) und die zweite die \rightarrow Rekultivierung.

Wienscher Versuch, ein von dem deutschen Physiker Wiener 1889 angestellter Versuch, der die Wellennatur des Lichts direkt beweist. Ebene Lichtwellen werden senkrecht an einem Spiegel reflektiert. Dadurch entstehen vor diesem stehende Lichtwellen, deren Knoten- und Bauchebenen parallel zum Spiegel liegen. Auf einem sehr dünnen, ganz gering gegen diese Ebenen geneigten Film, erhält man abwechselnd helle und dunkle Streifen, aus deren Abstand und dem Winkel sich die Wellenlänge ergibt. Stellt man den Film genau in eine Knotenebene, so geht das Licht von beiden Seiten durch ihn hindurch, ohne zu schwärzen.

Wiensches Strahlungsgesetz, ein \rightarrow Strahlungsgesetz.

Wiensches Verschiebungsgesetz, \rightarrow Strahlungsgesetz.

WIG-Brenner, \rightarrow Schneiden.

Williotscher Verschiebungsplan, ein graphisches Verfahren zur Bestimmung der Verschiebungen der Knoten eines Fachwerkes. Das Verfahren setzt die Kenntnis der Stabkräfte voraus, aus denen die Längenänderungen der Stäbe vorher berechnet werden müssen. Die

Aneinanderreihung der Längenänderungen der Stäbe in bestimmter Reihenfolge liefert die Verschiebungen der einzelnen Knoten. Aus den Verschiebungen können sowohl die Biegelinie eines Stabzuges als auch die Stabdrehwinkel einzelner Stäbe berechnet werden.

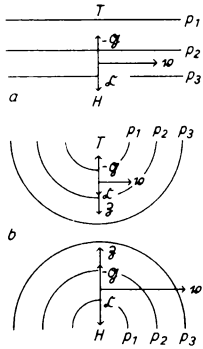
Wilsonkammer, svw. \rightarrow Nebelkammer.

Wind, 1) Meteorologie: die vorwiegend horizontale Luftbewegung. W. entsteht im Zusammenwirken verschiedener Kräfte auf ein Luftteilchen und ist eine gerichtete Größe, ein Vektor v . Die Kräfte sind die Luftdruckgradientkraft \mathcal{G} , die ablenkende Kraft der Erdrotation (\rightarrow Corioliskraft) \mathcal{C} , die Zentrifugalkraft (bei krummlinigen Bewegungen) \mathfrak{J} und die Reibung \mathfrak{R} , besonders für Bodenwinde.

Gleichförmige Bewegungen ohne Berücksichtigung der Reibungskräfte werden **Gradientwinde** genannt, z. B. der **Höhenwind**. Der einfachste Fall (Abb. a) ist der einer geradlinigen gleichförmigen Bewegung. \mathfrak{R} und \mathfrak{J} entfallen, die Isobaren sind Geraden, und es hat sich ein Gleichgewicht zwischen \mathcal{G} und \mathcal{C} eingestellt: $\mathcal{G} = \mathcal{C}$. \mathcal{C} ist von der geographischen Breite und der Windgeschwindigkeit abhängig, so daß v aus dem Gradienten berechnet werden kann. Dieser W. wird auch **geostrophische W.** genannt. Bei einer kreisförmigen gleichförmigen Bewegung (ohne Berücksichtigung der Reibung) wirken \mathcal{G} , \mathcal{C} und \mathfrak{J} zusammen (Abb. b). Hier kommt es wesentlich auf den Umlaufsinne der kreisförmigen Bewegung an, d. h., ob dieser zyklonal (um ein Tiefdruckgebiet) oder antizyklonal (um ein Hochdruckgebiet) ist.

Bei gleicher Gradientkraft bzw. gleichen Isobarenabständen ist auf dem gleichen Breitengrad der Wind auf gekrümmter Bahn um ein Hoch (antizyklonale Krümmung) stärker als um ein Tief (zyklonale Krümmung). Die W.e. entsprechend der Abb. b werden **zyklostrophische W.e.** genannt.

Der **Bodenwind** wird in Richtung und Stärke außer von den obengenannten Kräften vor allem von seiner Reibung \mathfrak{R} an der Erdoberfläche bestimmt; man nennt ihn deshalb **antitriptischer W.** Er sucht alle Luftdruckunterschiede auszugleichen. Gebirge stauen das Windfeld und zwin-



Kräfteplan des geostrophischen Windes (a) und des zyklostrophischen Windes (b) bei zyklonaler Isobarenkrümmung (Abb. Mitte) bzw. bei antizyklonaler Isobarenkrümmung (Abb. unten). T Tief, H Hoch, p_1 , p_2 , p_3 Isobaren

Windstärken (nach der Beaufort-Skala)

Stärke	m/s	Bezeichnung	Auswirkungen des Windes	
			im Binnenland	auf See
0	0,0... 0,2	still	Windstille; Rauch steigt senkrecht empor	spiegelglatte See
1	0,3... 1,5	leiser Zug	Windrichtung angezeigt nur durch Zug des Rauches	kleine Kräuselwellen ohne Schaumkämme
2	1,6... 3,3	leichte Brise	Wind am Gesicht fühlbar; Blätter rascheln; Windfahne bewegt sich	kurze, aber ausgeprägtere Wellen mit glasigen Kämmen
3	3,4... 5,4	schwache Brise	bewegt Blätter und dünne Zweige; streckt einen Wimpel	Kämme beginnen sich zu brechen; vereinzelte kleine Schaumköpfe
4	5,5... 7,9	mäßige Brise	hebt Staub und loses Papier; bewegt Zweige und dünnere Äste	kleine längere Wellen; vielfach Schaumköpfe
5	8,0... 10,7	frische Brise	kleine Laubbäume schwanken; Schaumkämme auf Seen	mäßig lange Wellen; überall Schaumkämme
6	10,8... 13,8	starker Wind	starke Äste in Bewegung; Pfeifen in Telegrafeneleitungen	große Wellen; Kämme brechen sich; größere weiße Schaumflächen
7	13,9... 17,1	steifer Wind	ganze Bäume in Bewegung; Hemmung beim Gehen gegen den Wind	See türmt sich; Schaumstreifen in Windrichtung
8	17,2... 20,7	stürmischer Wind	bricht Zweige von den Bäumen; sehr erschwertes Gehen	mäßig hohe Wellenberge mit langen Kämmen; gut ausgeprägte Schaumstreifen
9	20,8... 24,4	Sturm	kleinere Schäden an Häusern	hohe Wellenberge; dichte Schaumstreifen; Rollen der See; Gischt beeinträchtigt die Sicht
10	24,5... 28,4	schwerer Sturm	entwurzelt Bäume; bedeutende Schäden an Häusern (selten im Binnenland)	sehr hohe Wellenberge mit langen überbrechenden Kämmen; See weiß durch Schaum; schweres stoßartiges Rollen; Sichtbeeinträchtigung
11	28,5... 32,6	orkanartiger Sturm	verbreitete Sturmschäden (sehr selten im Binnenland)	außergewöhnlich hohe Wellenberge; Sichtbeeinträchtigung
12	> 32,6	Orkan	verheerende Sturmschäden (äußerst selten im Binnenland)	Luft mit Schaum und Gischt angefüllt; See vollständig weiß; jede Fernsicht hört auf

gen die Luft zum Überströmen oder Umfließen. Eine besondere Eigenschaft des Bodenwindes ist die mit der Turbulenz zusammenhängende Böigkeit (\rightarrow Böe). Mit zunehmender Höhe über der Erdoberfläche erfährt der W. neben entsprechender Drehung im allgemeinen eine Zunahme der Geschwindigkeit (Böigkeitszonen, \rightarrow CAT). Großräumige Luftströmungen, die stets den gleichen Weg nehmen und eine bestimmte Regelmäßigkeit aufweisen, bezeichnet man als \rightarrow Windsysteme.

Einwirkungen des Windes auf die Gestalt der Erdoberfläche sind die \rightarrow Deflation, die \rightarrow Ablagerung und die \rightarrow Korrosion.

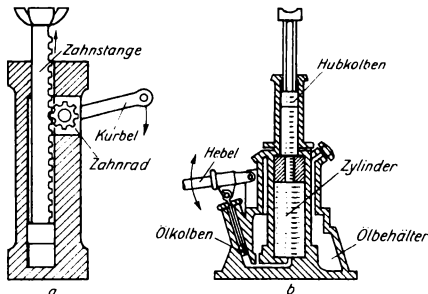
Richtung, Druck und Stärke des W.es werden mit **Windmeßgeräten** bestimmt. Für die Feststellung der Windrichtung ist seit alters die **Windfahne** in Verbindung mit einer **Windrose** in Gebrauch. Die W.e werden — im Gegensatz zu den Meeresströmungen — nach der Himmelsrichtung benannt, aus der sie wehen. Als Maßeinheiten werden für die Richtung die 32 Striche der Windrose oder auch die 36 Teile zu je 10° des Vollkreises (Osten = 09, Süden = 18, Westen = 27, Norden = 36) verwendet. Die Bewegung der Windfahne kann man auch elektrisch oder mechanisch auf ein Ables- oder Schreibgerät übertragen. Der **Winddruck**, gemessen in kp/m^2 , wächst mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit. Der einfachste Winddruckmesser ist die Wildsche Stärketafel, eine an einer waagerechten Achse drehbar aufgehängte Platte, deren Hebung durch den W. an einem mit Stiften versehenen Kreisbogen abgelesen wird. Die **Windstärke** wurde meist nach der Beaufort-Skala geschätzt (Tab.). Maßeinheiten für die Geschwindigkeit sind m/s , km/h oder Knoten ($\text{sm/h} = 1852 \text{ m/h}$). Zur Messung der **Windgeschwindigkeit** dienen das \rightarrow Anemometer, das Universal-Windmeßgerät (Böenschreiber), ein kombiniertes Gerät aus Windfahne, Schalenkreuzanemometer und Staudruckmesser mit gemeinsamer Registriertrommel, und das \rightarrow Hitzdrahtanemometer. Zur groben Bestimmung des Höhenwindes kann man außer Rauchfahnen von hohen Schornsteinen auch die durch Schätzung — oder genauer mit dem Wolken Spiegel — ermittelte Zugrichtung und Geschwindigkeit von Wolken benutzen. Verlässliche Werte für alle Höhen gewinnt man mit Pilotballon (\rightarrow Ballon) und Radiosonde. Über die technische Ausnutzung des W.es \rightarrow Windkraft.

Lit. van Heys: W. und Windkraftanlagen (3. Aufl. Berlin 1956); \rightarrow Meteorologie.

2) **Metallurgie:** die bei metallurgischen Prozessen benötigte Verbrennungsluft, die in den meisten Fällen vorgewärmt wird (**Heißwind**); \rightarrow Hochofen, \rightarrow Kupolofen, \rightarrow Frischen.

Winde, ein Fördermittel zum senkrechten Heben oder Senken von Lasten oder vom horizontalen Verfahren (Verholen) von Fahrzeugen (Eisenbahnwagen, Schiffe). Grundsätzlich kann man unterscheiden zwischen kurzhubigen W.n und W.n für große Hubhöhen. 1) **Kurzhubige W.n** oder **Hebeböcke**. Bei der **Zahnstangenwinde** wird eine Zahnstange durch ein Ritzel direkt oder über ein Vorgelege von einer Handkurbel angetrieben. Bei der **Schraubenwinde** wird eine Schraubenspindel durch einen Handhebel über eine Ratsche in Bewegung versetzt. Zahnstangen- und Schraubenwinden mit Handantrieb dienen als Hubgeräte für Montagezwecke sowie als Wagenheber. Schraubenwinden mit elektrischem Antrieb werden als Hebewerke (z. B. Schiffshebewerk), als Aufzüge geringer Hubhöhe, Einzieherwerke von Wippkranen, Schließwerke für Motorgreifer u. a. verwendet. Sie sind im allgemeinen bis zu einer Tragkraft von 30 Mp ausgeführt. Bei der **hydraulischen W.** wird durch eine Handpumpe eine Hydraulikflüssigkeit (Öl oder Wasser mit Glycerin) in einen Zylinder gepumpt, in dem sich ein

Hubkolben befindet. Die hydraulischen W.n, mit denen Hubkräfte bis zu 300 Mp erreicht werden können, dienen unter anderem für Montagezwecke zum Heben schwerster Lasten (Brückenträger, schwere Maschinen), als Hebebühnen und als Kippvorrichtungen bei Kippern. **Pneumatische W.n** arbeiten wie hydraulische W.n, jedoch mit Druckluft in den Hubkolben, und dienen den gleichen Zwecken wie hydraulische W.n.



Winde: a Zahnstangenwinde, b hydraulische Winde

2) **W.n für große Hubhöhen.** a) Für untergeordnete Zwecke wird der \rightarrow Flaschenzug verwendet (Seil-, Kettenflaschenzug). Für die Seile oder Ketten ist keine Speichereinrichtung vorhanden. b) Die **Seilwinde** besteht aus der \rightarrow Seiltrommel als Speichereinrichtung für das Seil, aus dem Untersetzungsgetriebe, der Bremse und dem Antrieb. Hubhöhe und Arbeitsgeschwindigkeit können den Erfordernissen angepaßt werden. Die einfache **Handwinde** dient zum Heben von Lasten bis zu 5 Mp für untergeordnete Zwecke in Baubetrieben usw. Der \rightarrow **Elektroflaschenzug** wird bis zu einer Tragkraft von etwa 10 Mp gebaut. Das \rightarrow **Spill** ist eine spezielle Form der Seilwinde. Das **Windwerk** besteht wie bei der motorisch angetriebenen Seilwinde aus Seiltrommel, Untersetzungsgetriebe, Bremse und Antrieb. Windwerke können für sehr große Tragkräfte ausgelegt werden. Während bei den Elektroflaschenzügen die Elemente ein einheitliches Ganzes bilden, werden sie bei den Windwerken auf einen Rahmen montiert und sind schon rein äußerlich erkennbar. Je nach dem Verwendungszweck unterscheidet man Hubwindwerke für Hakenbetrieb, Wippwerke, Greiferwindwerke u. a.

Winderhitzer, eine Anlage, in der die für den Betrieb des Blashochofens (\rightarrow Hochofen) erforderliche Verbrennungsluft (Wind) auf hohe Temperaturen gebracht wird. Man unterscheidet zwei Bauarten. 1) Der **Cowper** (benannt nach seinem Erfinder, dem Engländer Cowper) ist ein hoher, zylindrischer Stahlblechturm, der mit Schamottesteinen ausgemauert ist. Er enthält gewöhnlich einen Brennschacht und ein Gittermauerwerk. Zunächst wird das Gittermauerwerk durch die heißen Verbrennungsgase des im Brennschacht verbrennenden Gases, meist Gichtgas (\rightarrow Roheisenerzeugung), erhitzt. Danach wird umgeschaltet (Regenerativverfahren) und der Wind durch das Gitterwerk sowie durch den Brennschacht in der Heißwindleitung zum Hochofen geleitet. An den Gittersteinen erhitzt sich der kalt eingeblasene Wind je nach Betriebsverhältnissen auf Temperaturen bis zu 1200°C und mehr. Normalerweise ordnet man jedem Hochofen drei W. zu, neuerdings bei sehr hohen Heißwindtemperaturen auch vier W., die in bestimmter Reihenfolge Heißwind abgeben oder aufgeheizt werden.

2) Der **Stahlwinderhitzer** ist ein Röhrenwinderhitzer, bei dem der Wind durch von Heizgasen

umspülte Stahlröhren strömt. Dieser W. arbeitet nach dem Rekuperativverfahren; charakteristisch sind ununterbrochener Betrieb und konstante Windtemperatur. Stahlwinderhitzer sind in der Roheisenerzeugung kaum im Einsatz.

Windfahne, eine Strömungs-sonde. Die W. ist eine drehbar angebrachte starre Fahne, die meist aus Blech besteht. Sie dient zur Bestimmung der Strömungsrichtung in der Ebene senkrecht zum Fahnnenschaft. Die Messung mit einer W. ist sehr einfach, da sich die W. selbst in die Strömungsrichtung einstellt.

Windfege, eine mit Gebläse (Druck- oder Saugwind) arbeitende Maschine zur Nachreinigung und Sortierung von Getreide nach der Schwere. Bei der einfachen W. führt eine Speisewalze die Körner einem regelbaren, horizontal verlaufenden Luftstrom zu, durch den die Körner innerhalb der W. mehr oder weniger weit fortgetragen und sortiert werden. Spreu, Unkrautsamen, beschädigte Körner u. a. werden aus der hinten offenen Maschine herausgeblasen.

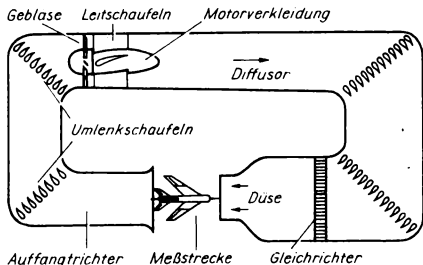
W.n mit mehreren übereinander angeordneten, schwingenden Plansieben heißen **Putzmöhlen**.

Die **Steigwindfege** (Steigsichter) arbeitet mit einem vertikalen Luftstrom, der durch Gleichrichter wirbelfrei gemacht ist. Die Körner sind hier länger dem Luftstrom und der Windwirkung ausgesetzt. Dadurch erfolgt eine bessere Trennung der Körner.

W.n werden von Hand oder durch einen Motor angetrieben.

Windfrischen, → Frischen, → Stahlerzeugung.

Windkanal, eine Anlage zur Untersuchung der aerodynamischen Eigenschaften von Körpern (Originalausführungen oder Modellen von Flugzeugen, Fahrzeugen, Bauwerken u. a.). Hierzu wird die durch ein Gebläse in Bewegung versetzte Luft zunächst bei niedriger Geschwindigkeit in



Windkanal mit geschlossener Rückführung und offener Meßstrecke

einem engmaschigen, wabenförmigen Gleichrichter parallel gerichtet und häufig durch Siebe weitgehend beruhigt. Nach der Beschleunigung in der Düse entsteht in der daran anschließenden Meßstrecke eine verhältnismäßig gleichförmige und wirbelfreie Strömung hoher Geschwindigkeit. Die Meßstrecke ist je nach Verwendungszweck offen oder geschlossen. Die offene Meßstrecke ermöglicht eine bessere Zugänglichkeit der Modelle. Die geschlossene, d. h. durch Wände begrenzte Ausführung bietet die Möglichkeit der Untersuchung bei Unter- und Überdruck und hat einen geringeren Leistungsbedarf.

Die Modelle werden häufig mit Drähten an einer **Dreikomponentenwaage** zur Messung des Widerstands, des Auftriebs und des Längsmoments oder an einer **Sechskomponentenwaage** zur zusätzlichen Messung der Seitenkraft, des Rollmoments und des Giermoments aufgehängt. In Windkanälen mit geschlossener Rückführung (Umlaufkanäle, Abb.) wird die Luft aus der Meßstrecke über sich erweiternde Kanäle (Diffusoren) mit Umlenkschaufeln wieder der Düse zugeführt.

Das Gebläse liegt dabei gewöhnlich hinter der ersten oder zweiten Umlenkecke. Windkanäle ohne Rückführung saugen die Luft aus dem Raum an und blasen sie hinter der Meßstrecke über einen Diffusor wieder aus. Das Gebläse kann dabei vor dem Gleichrichter oder hinter der Meßstrecke angeordnet sein. Windkanäle für Geschwindigkeiten bis etwa zur halben Schallgeschwindigkeit nennt man **Niedergeschwindigkeitskanäle**, für höhere Geschwindigkeiten **Hochgeschwindigkeitskanäle**. Bei **Überschallkanälen** ist die Geschwindigkeit in der Meßstrecke größer als die Schallgeschwindigkeit. Zur Erzeugung sehr hoher Geschwindigkeiten werden häufig kurzzeitige Strömungen benutzt, die sich z. B. nach dem Zerreißen einer Trennwand zwischen einem luftgefüllten und einem evakuierten Rohrstück ausbilden.

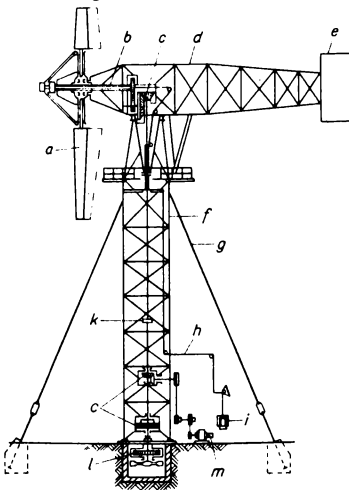
Windkessel, 1) ein geschlossener Behälter, der in die Druckleitung (**Druckwindkessel**) oder in die Saugleitung (**Saugwindkessel**) von Kolbenpumpen eingebaut ist. Er hat die Aufgabe, durch das eingeschlossene Luftpolster die Einflüsse der sinusförmigen Strömung der Flüssigkeit in der Pumpe (Ungleichförmigkeit) von der möglichst kontinuierlichen Strömung in den Rohrleitungen fernzuhalten. Bei Stoßhebern ist stets ein Druckwindkessel erforderlich.

2) ein Behälter in Rohrleitungen von Verdichteranlagen, der als Speicher für die Druckluft und als Schwingungsdämpfer dient.

Windkraft, die in bewegter Luft enthaltene Energie. Sie wird auf verschiedene Weise ausgenutzt. Man kann nur einen geringen Teil der kinetischen Energie des Windes nutzen, da dafür nur die Luftbewegungen in den untersten Teilen der Luftpille in Frage kommen und außerdem die Geschwindigkeit des Windes nicht auf Null abgebremst werden kann. Die Leistung des Windes ist direkt proportional der dritten Potenz seiner Geschwindigkeit. Die einfachste Vorrichtung zur Ausnutzung der W. ist das → Segel. **Windkraftmaschinen** sind mittels W. angetriebene Maschinen (→ Windrad, Windturbine, Windmühle).

Lit. van Heys: Wind und Windkraftanlagen (3. Aufl. Berlin 1956); Meyer: W. (Leipzig 1954).

Windkraftwerk, ein Kraftwerk, das die zum Antrieb des Generators erforderliche mechanische Energie dem Wind entzieht. W.e bestehen



Windkraftwerk. a Windrad, b Windradwelle, c Untersetzungsgetriebe, d Schwansträger, e Schwanzflosse, f Turm, g Verspannung, h Regulierungstrosse, i Regulierungsgewichte, k Freilaufkupplung, l Schwungrad, m Generator

aus einem → Windrad, das über eine Welle und Getriebe den Generator treibt. Bei schwacher Luftbewegung wird das Netz aus einer Akkumulatorbatterie gespeist, die bei Windbetrieb aufgeladen wird. Die Anlagenkosten betragen etwa 600 bis 750 M je kW. Wirtschaftlich sind diese Anlagen erst ab einem Winddargebot von 1000 bis 1250 kWh/m² Läuferfläche und Jahr. Von dem Streben nach großen Einheitsleistungen ist man abgekommen; Anlagen von 100 bis 300 kW Leistung scheinen heute die wirtschaftlich günstigste Variante darzustellen (z. B. Windkraftanlage Stötten: Leistung 100 kW, Raddurchmesser 34 m, Läuferfläche 900 m², Masthöhe 22 m, Drehzahl 42 U/min).

Bemerkenswert ist die Konstruktion des französischen Ingenieurs Andreau. Die Rotorblätter und die Nabe sind hohl ausgeführt, der Mast besteht aus einem Rohr. Durch die Zentrifugalkraft wird aus den Propellerblättern Luft herausgeschleudert und treibt infolge des Soges eine im Rohrmast befindliche Luftturbine an. Die Leistung beträgt 100 kW, die Jahresarbeit 200 MWh/a.

Lit. → Windkraft.

Windrad, eine Windkraftmaschine zum Antrieb von Arbeitsmaschinen. Windräder werden z. B. zum Antrieb von Pumpen zur Ent- und Bewässerung und in Verbindung mit Generatoren und Akkumulatoren zur Stromversorgung (→ Windkraftwerk) eingesetzt. Man unterscheidet vertikal und horizontal laufende Windräder. Vertikal laufende Windräder sind im Kopf eines Stahlmastes auf einem drehbaren Querträger angeordnet und bestehen aus schräggestellten Flügeln oder Schaufeln, die durch den Luftstrom in Bewegung versetzt werden. Die Drehbewegung des W. wird über Welle und Getriebe an einen Generator übertragen. Nach der Drehzahl unterscheidet man langsam- und schnelllaufende Windräder. **Langsamläufer** („amerikanische Windräder“) bestehen aus einer Vielzahl von Schaufeln. Durch eine kleine, parallel zu den Schaufeln angeordnete Seitenflosse wird die vom Wind beaufschlagte Schaufelfläche durch Drehung derselben geregelt. Derartige Windräder laufen bereits bei geringen Windgeschwindigkeiten an. Eine Leistungserhöhung wird mit den 2-, 3- und 4flügeligen **Schnelläufern** (Propellerwindrädern) erreicht. Die Flügel haben eine nach aerodynamischen Gesichtspunkten gestaltete Form. Zur Regulierung der Drehzahl wird die Schrägstellung der Flügel mechanisch oder selbsttätig durch den Winddruck verändert.

Zum wirtschaftlichen Betrieb von Windrädern sind Windgeschwindigkeiten ab 4 m/s über eine längere Zeitdauer erforderlich. Das Einstellen der Windräder in Windrichtung erfolgt entweder mittels einer Schwanzflosse oder neuerdings durch einen Stellmotor, der mit einer Windfahne gekoppelt ist.

Bei **Windturbinen** ist das Windrad horizontal auf einer senkrechten Achse befestigt und hat eine Vielzahl gekrümmter Schaufeln. Sie brauchen nicht nach der Windrichtung gedreht zu werden; infolge der kleinen Windauffangfläche ist ihr Wirkungsgrad aber schlechter als bei den Windrädern mit waagerechter Welle. Dieser Nachteil wird bei modernen Anlagen teilweise durch eine vergrößerte Schaufelbreite ausgeglichen.

Windrose, eine Scheibe, auf der die Himmelsrichtungen (und Windrichtungen) als 32 Abschnitte aufgezeichnet sind. Die vier Hauptrichtungen sind dabei durch fortlaufende Halbierung des rechten Winkels weiter unterteilt.

Windschliff, sw. → Korrasion.

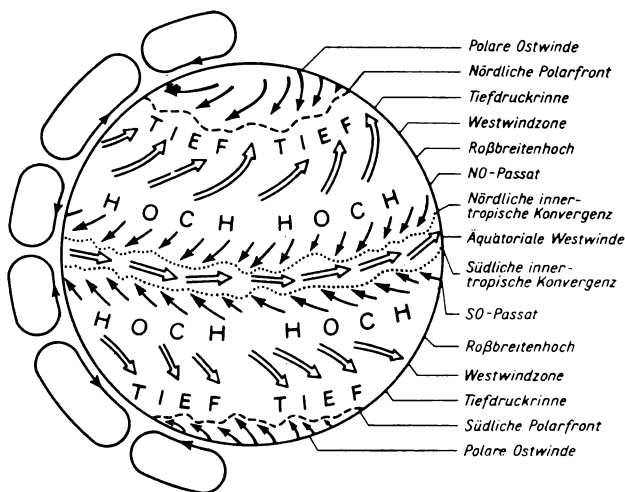
Windsee, → Meereswellen.

Windsichten, Sichten, ein Verfahren des Stromklassierens (→ Klassieren). Das Trennen eines Feststoffgemenges nach der Gleichfälligkeit

erfolgt hierbei mit Hilfe eines Gasstromes, meist mit Luft. Das Gemenge wird in den Gasstrom gegeben, der die kleinen Körner mit sich fortführt, während sich die großen gegen die Strömung bewegen. Die zur Anwendung kommenden Geräte sind Schwerkraftsichter (z. B. → Windfuge), Streu- und Zentrifugalsichter.

Windsysteme, großräumige Luftströmungen auf einer — durch die Luftzirkulation bedingt — nahezu geschlossenen Bahn.

1) Die großen W. der Erde (Abb.). In den äquatorialen Gebieten ist die Erwärmung der Erde größer als nördlich und südlich davon, so daß dort eine tropische Tiefdruckrinne mit vorherrschender Windstille und allgemein aufsteigender Luftbewegung vorhanden ist (**Kalmenzone**). Auf etwa 20 bis 35° nördlicher und südlicher Breite, den **Roßbreiten**, liegt ein Gürtel hohen Druckes, von dem aus eine Luftströmung in Bodennähe als → **Passat** zum Äquator fließt. Nördlich und südlich der Roßbreiten liegt nach höheren Breiten zu die **Westwindzone**. Die Westwinde in mittleren Breiten werden durch wandernde Zyklonen (→ Tiefdruckgebiet) vorwiegend im unteren Teil der Troposphäre stark gestört und abgelenkt, während in der oberen Troposphäre häufiger als in der unteren durchgehende westliche Winde vorherrschen. Die jenseits der Polarkreise liegenden kalten Luftmassen sind bestrebt, sich nach den mittleren Breiten auszudehnen, da dort der Luftdruck relativ niedrig ist. Infolge der Ablenkung durch die Corioliskraft werden aus den abströmenden Luftmassen **polare Ostwinde**. Mit den Jahreszeiten verschieben sich diese W. Ferner unterliegen sie durch Einwirkung der Erdoberfläche, wie durch die Land- und Meerverteilung, den verschiedensten Einflüssen, so daß sich oft noch weitere Zirkulationen, z. B. → Monsune, zeitweise einschalten können.



Die großen Windsysteme der Erde

2) Kleine W. sind Auf- und Abwinde. Infolge von Temperaturunterschieden zwischen Berg- und Tal entsteht der **Berg- und Talwind**, der am Tage talaufwärts, nachts talabwärts weht. Ein besonderer Bergwind ist der **Fallwind**, ein meist warmer, trockener, absteigender Wind in Lee von Gebirgen (→ Föhn). Kühlt die Luft vor dem Abstieg besonders stark ab, entsteht ein kalter Fallwind (Bora, Mistral, Gletscherwind). Der **Land- und Seewind**, der ebenfalls als Folge der unterschiedlichen Erwärmung entsteht, weht am Tag landwärts, in der Nacht see-

Windungsschluß

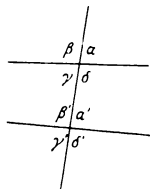
wärts. Auch Wind- und Wasserhosen gehören zu den W.n (→ Trombe).

Windungsschluß, eine durch mangelnde Isolation entstehende leitende Verbindung zwischen benachbarten Windungen einer Spule. Der W. wird im allgemeinen dadurch eingeleitet, daß die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Windungen zum Durchschlagen einer fehlerhaften Isolation führt. Durch den W. wird die Windungszahl einer Spule um die Zahl der kurzgeschlossenen Windungen verringert. Wenn die Spule von einem Wechselfuß durchsetzt wird, wie bei Transformatoren und allen Ankerwicklungen der elektrischen Maschinen, treibt die in den kurzgeschlossenen Windungen induzierte Spannung große Ströme an. Es tritt eine starke Erwärmung dieser Windungen auf. Außerdem kommt es an der Stelle des Windungsschlusses wegen der im allgemeinen kleinen Kontaktfläche zu Schmorerscheinungen, so daß der W. schließlich in einen → Körperschluß übergeht. Da der Strom in den kurzgeschlossenen Windungen das magnetische Feld ändert, beobachtet man beim Auftreten von W. meist anomale Geräusche.

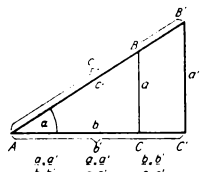
Windverband, eine meist horizontal angeordnete Konstruktion, die die Windkräfte bei Brücken, Hallendächern u. a. in Richtung der beiden Achsen aufnimmt und auf feste Stützpunkte oder die Auflager überträgt. Bei Dächern unterscheidet man → Längsverband und → Querverband.

Winkel, der Richtungsunterschied zweier Strahlen, die denselben Ausgangspunkt haben. Der gemeinsame Punkt heißt *Scheitel*, die beiden Strahlen *Schenkel* des W.s, die Fläche zwischen den Schenkeln *Winkelraum* oder *Winkelfeld*. Man kann sich einen W. auch durch Drehung eines Strahls um seinen Anfangspunkt entstanden denken. Die Schenkel bezeichnen dann Anfangs- und Endlage des Strahls, der entstandene Winkel gibt die Größe der Drehung an. Der Drehsinn wird als positiv bezeichnet, wenn die Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn erfolgt.

Fallen die beiden Schenkel eines W.s zusammen, haben also die beiden Strahlen dieselbe Richtung, so ist der Richtungsunterschied gleich Null oder gleich einer vollen Umdrehung. Die Größe eines Winkels wird in Grad oder im → Bogenmaß gemessen. Man teilt den **Vollwinkel** (volle Umdrehung) ein in 360° (Grad, Altgrad) zu je $60'$ (Minuten, Altminuten) zu je $60''$ (Sekunden, Altsekunden) oder (im Vermessungswesen) in 400° (Neugrad) zu je $100'$ (Neuminuten) zu je $100''$ (Neusekunden). Fallen demnach die beiden Schenkel eines W.s zusammen, so ist der W. gleich 0° oder 360° ; bilden sie eine Gerade, so liegt ein **gerader** oder **gestreckter W.** vor ($= 180^\circ$). Die Hälfte eines gestreckten W.s heißt **rechter W.** ($= 90^\circ = 1^r$). W., die kleiner sind als ein rechter, nennt man **spitze W.**, W. zwischen 90° und 180° heißen **stumpfe W.**, solche, die größer als 180° sind, **überstumpf** oder **erhaben**. Zwei W., die sich zu einem rechten ($= 90^\circ$) ergänzen, nennt man **Komplementwinkel**; zwei **Supplementwinkel** ergänzen sich zu einem gestreckten W. ($= 180^\circ$). Zwei W., die den Scheitel und einen Schenkel gemeinsam haben und deren nichtgemeinsame Schenkel eine Gerade bilden, heißen **Nebenwinkel**; sie sind immer Supplementwinkel. Die sich am Schnittpunkt zweier Geraden gegenüberliegenden W. heißen **Scheitelwinkel**; sie sind einander gleich. Werden zwei Geraden von einer dritten geschnitten, so unterscheidet man bei den entstehenden W.n: **Stufen-** oder **Gegenwinkel** ($\alpha, \alpha'; \beta, \beta'; \gamma, \gamma'; \delta, \delta'$), **Wechselwinkel** ($\alpha, \gamma'; \beta, \delta'; \gamma, \alpha'; \delta, \beta'$) und **entgegengesetzte W.** ($\alpha, \delta'; \beta, \gamma'; \gamma, \beta'; \delta, \alpha'$). Handelt es sich bei den geschnittenen Geraden um Parallelen, dann gilt: Stufen- und Wechselwinkel sind einander jeweils gleich, entgegengesetzte W. sind Supplementwinkel.



Winkel an geschnittenen Geraden

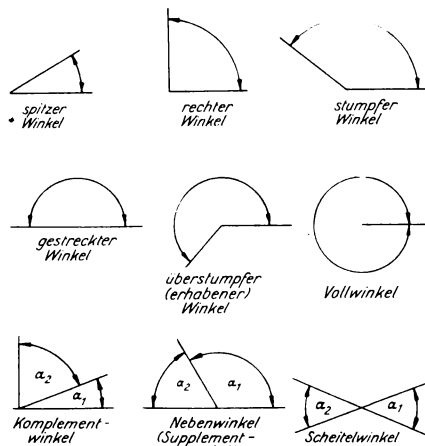


1 Die Winkelfunktionen als Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck

Einen W. bezeichnet man durch einen kleinen griech. Buchstaben oder durch drei große lateinische Buchstaben mit dem Zeichen \angle : $\angle CAB$, wobei der mittlere Buchstabe, in diesem Fall A, den Scheitel bezeichnet.

Zur Winkelmessung benutzt man in der Geometrie den **Winkelmesser** (Transporteur), einen mit Gradeinteilung versehenen Halbkreis, in der Technik besondere Meßgeräte, z. B. den **Universalwinkelmesser**, in der Vermessungskunde **Theodolit** und **Winkelprisma**, in der Astronomie und der astronomischen Navigation den → **Sextanten**.

Räumlicher W., → **Raumwinkel**.



Winkelleinteilung

Winkeldreiteilung, **Winkeltrisektion**, eines der klassischen Probleme der antiken Geometrie; einen Winkel mit Hilfe von Zirkel und Lineal in drei gleiche Teile zu teilen. Dieses Problem ist nur für spezielle Winkel (z. B. 45° , 90° , 180°) lösbar. Mit den Hilfsmitteln der → Galoisschen Theorie wurde bewiesen, daß es kein allgemeines Konstruktionsverfahren zur Lösung dieser Aufgabe gibt.

Winkelfunktionen, **trigonometrische Funktionen**, **goniometrische Funktionen**, spezielle transzendente Funktionen, die in der Mathematik und ihren Anwendungen eine große Rolle spielen, z. B. in der Trigonometrie (bei den Dreiecksberechnungen). Für spitze Winkel kann man die W. als Seitenverhältnisse im **rechtwinkligen Dreieck** erklären. Da rechtwinklige Dreiecke, die in einem spitzen Winkel übereinstimmen, einander ähnlich sind, sind die Verhältnisse entsprechender Seiten konstant; sie hängen also nur von der Größe des Winkels ab, d. h., sie sind Funktionen des Winkels.

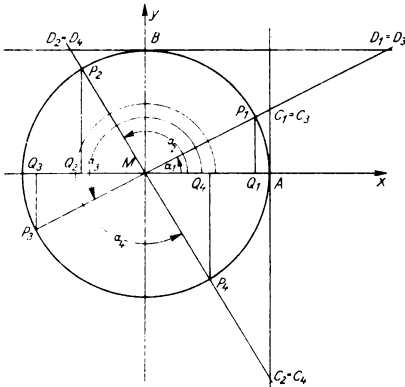
Man verwendet im allgemeinen die folgenden W.: **Sinus** (Zeichen: \sin), **Kosinus** (\cos), **Tangens** (\tan) und **Kotangens** (\cot). Heute kaum noch gebräuchlich sind die W. **Sekans** (\sec) und **Kosekans** (\csc). Im rechtwinkligen Dreieck (Abb. 1) mit der Hypotenuse c und den Katheten a (Gegenkathete zu α) und b (Ankathete zu α) sind die W. für den Basiswinkel α wie folgt definiert:

$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \frac{a}{c} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} \\ \cos \alpha &= \frac{b}{c} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} \\ \tan \alpha &= \frac{a}{b} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} \\ \cot \alpha &= \frac{b}{a} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}\end{aligned}$$

Zur allgemeinen Definition der W. (nicht auf spitze Winkel beschränkt) verwendet man den *Einheitskreis* ($r = 1$). Man legt dabei den Mittelpunkt M des Einheitskreises und die Scheitel der betrachteten Winkel in den Nullpunkt eines rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystems (Abb. 2), und zwar legt man die Winkel so, daß sie außer dem gemeinsamen Scheitel auch einen gemeinsamen Schenkel haben (in der Abb. die positive x -Achse, die man als Nullrichtung wählt). Liegt dann der andere Schenkel im 1. Quadranten, so handelt es sich um einen spitzen Winkel (in der Abb. α_1), liegt er im 2., so ist der Winkel ein stumpfer (α_2), liegt er im 3., so hat der Winkel einen Wert zwischen 180° und 270° (α_3), liegt er im 4., so handelt es sich um einen Winkel zwischen 270° und 360° (α_4).

Dann gilt

$$\begin{aligned}\sin \alpha_1 &= \overline{Q_1 P_1}, \sin \alpha_2 = \overline{Q_2 P_2}, \sin \alpha_3 = \overline{Q_3 P_3}, \\ \sin \alpha_4 &= \overline{Q_4 P_4} \\ \cos \alpha_1 &= \overline{M Q_1}, \cos \alpha_2 = \overline{M Q_2}, \cos \alpha_3 = \overline{M Q_3}, \\ \cos \alpha_4 &= \overline{M Q_4} \\ \tan \alpha_1 &= \overline{A C_1}, \tan \alpha_2 = \overline{A C_2}, \tan \alpha_3 = \overline{A C_3}, \\ \tan \alpha_4 &= \overline{A C_4} \\ \cot \alpha_1 &= \overline{B D_1}, \cot \alpha_2 = \overline{B D_2}, \cot \alpha_3 = \overline{B D_3}, \\ \cot \alpha_4 &= \overline{B D_4}\end{aligned}$$



2 Darstellung der Winkelfunktionen im Einheitskreis

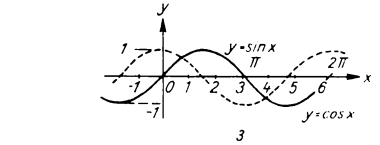
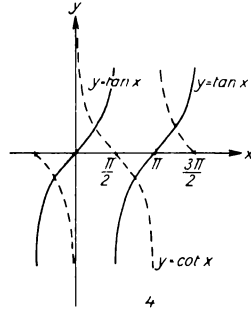
Im 1. Quadranten stimmt diese Definition mit der obigen Definition für spitze Winkel im rechtwinkligen Dreieck überein. Allgemein gilt im Einheitskreis: Der Sinus (Kosinus) des Winkels ist gleich der Maßzahl der Ordinate (Abszisse), der Tangens (Kotangens) des Winkels ist gleich der Maßzahl des Abschnittes auf der Haupttangente (Nebentangente). Über die Vorzeichen der W. in den einzelnen Quadranten gibt folgendes Schema Auskunft, das man leicht aus der Abb. des Einheitskreises entnimmt:

	sin	cos	tan	cot
1. Quadrant: $0^\circ \dots 90^\circ$	+	+	+	+
2. Quadrant: $90^\circ \dots 180^\circ$	+	-	-	-
3. Quadrant: $180^\circ \dots 270^\circ$	-	-	+	+
4. Quadrant: $270^\circ \dots 360^\circ$	-	+	-	-

Des weiteren ersieht man aus der Abb., daß für die W. die Beziehungen $\sin(360^\circ + \alpha) = \sin \alpha$ und $\cos(360^\circ + \alpha) = \cos \alpha$ sowie $\tan(180^\circ + \alpha) = \tan \alpha$ und $\cot(180^\circ + \alpha) = \cot \alpha$ gelten. Die W. sind also periodische Funktionen, d. h., sie wiederholen ihre Werte, wenn der Winkel um eine bestimmte Größe (Periode) wächst; sin und cos haben die Periode 360° (im Bogenmaß: 2π), tan und cot die Periode 180° (π). In dieser Eigenschaft dienen besonders die Funk-

tionen sin und cos zur Beschreibung periodischer Vorgänge in Physik und Technik.

Indem man in einem ebenen rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem die Winkel (im Bogenmaß gemessen) als Abszissen und die zugehörigen Funktionswerte der W. als Ordinaten abträgt, erhält man die Kurven der W., die man als *Sinuskurve*, *Kosinuskurve*, *Tangenskurve* und *Kotangenskurve* bezeichnet. Aus ihrem Verlauf ist ihre Periodizität erkennbar (Abb. 3 und 4).



3 Sinus- und Kosinuskurve, 4 Tangens- und Kotangenskurve

Während die W. Sinus und Kosinus nur Werte zwischen -1 und $+1$ annehmen, können die W. Tangens und Kotangens jeden Wert zwischen $-\infty$ und $+\infty$ annehmen. Die Werte der W. sind in *trigonometrischen Tafeln* zusammengestellt. Bei Verwendung der Tafeln sind die nachfolgenden Beziehungen zwischen dem jeweiligen Winkel und dem zugehörigen Komplement- bzw. Supplementwinkel von Nutzen:

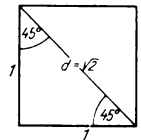
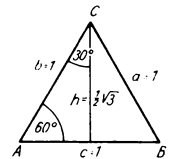
$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \cos(90^\circ - \alpha) & \sin \alpha &= \sin(180^\circ - \alpha) \\ \cos \alpha &= \sin(90^\circ - \alpha) & \cos \alpha &= -\cos(180^\circ - \alpha) \\ \tan \alpha &= \cot(90^\circ - \alpha) & \tan \alpha &= -\tan(180^\circ - \alpha) \\ \cot \alpha &= \tan(90^\circ - \alpha) & \cot \alpha &= -\cot(180^\circ - \alpha)\end{aligned}$$

Darüber hinaus bestehen zwischen den W. folgende wichtige Beziehungen:

$$\begin{aligned}\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha &= 1 & \tan \alpha \cdot \cot \alpha &= 1 \\ \tan \alpha &= \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} & 1 + \tan^2 \alpha &= \frac{1}{\cos^2 \alpha} \\ \cot \alpha &= \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} & 1 + \cot^2 \alpha &= \frac{1}{\sin^2 \alpha}\end{aligned}$$

Als Beispiel sollen die Werte der W. für die Winkel $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ bestimmt werden. Ihre Berechnung ergibt sich aus Abb. 5 (gleichseitiges Dreieck mit der Seitenlänge 1, Quadrat mit der Seitenlänge 1). Besondere Werte der W.:

	$0^\circ/360^\circ$	90°	180°	270°	30°	45°	60°
sin	0	1	0	-1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$
cos	1	0	-1	0	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$
tan	0	$\pm \infty$	0	$\pm \infty$	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$
cot	$\pm \infty$	0	$\pm \infty$	0	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$



5 Berechnung der Winkelfunktionen für die Winkel $30^\circ, 45^\circ$ und 60° am gleichseitigen Dreieck

Im allgemeinen geschieht die Berechnung der Werte der W. mit Hilfe von Reihentwicklungen (\rightarrow Taylorscher Satz). Kosinus und Kotangens bezeichnet man auch als „Kofunktionen“ zu Sinus bzw. Tangens, da der Kosinus (Kotangens) für einen Winkel α den gleichen Wert hat wie der Sinus (Tangens) des Komplementwinkels $90^\circ - \alpha$.

In der Funktionentheorie werden die W. nicht nur für reelle Argumente, sondern mittels unendlicher Reihen auch für komplexe Werte definiert. Die \rightarrow Eulerschen Formeln stellen einen engen Zusammenhang her zwischen den W. und der Exponentialfunktion und damit auch zu den \rightarrow Hyperbelfunktionen.

Winkelgeschwindigkeit

Die Umkehrfunktionen zu den W. sind die \rightarrow zyklometrischen Funktionen.

Winkelgeschwindigkeit, Kreisfrequenz, ein Maß für die Rotationsgeschwindigkeit eines Körpers, bei der Drehung der in der Zeiteinheit zurückgelegte Winkel, gemessen im Bogenmaß. Zeichen ω , Maßeinheit rad s^{-1} (\rightarrow Radiant). Ein Punkt im Abstand r von der Drehachse hat dann die Geschwindigkeit $v = r\omega$ in m rad s^{-1} . Die Zeit T , in der ein Umlauf erfolgt, heißt Umlaufzeit oder Periode, die Zahl der Umläufe f in der Sekunde Umlaufzahl, Drehzahl oder Frequenz. Zwischen ihnen besteht die Beziehung $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$. Ist n die Drehzahl in der Minute, so ist

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \text{ in rad s}^{-1}. \text{ Winkelbeschleunigung ist die}$$

Änderung der W. in der Zeiteinheit; Maßeinheit rad s^{-2} . Bezeichnet man sie mit ϵ , so hat ein Punkt im Abstand r von der Drehachse die (Umlauf-) Beschleunigung $a = r\epsilon$ in m rad s^{-2} .

Winkelhaken, \rightarrow Setzen.

Winkelmesser, svw. \rightarrow Goniometer.

Winkelmeßinstrumente, \rightarrow astronomische Instrumente.

Winkelschleifenkette, \rightarrow Viergelenkkette.

Winkelstück, ein \rightarrow Formstück.

Winker, \rightarrow Fahrtrichtungsanzeiger.

Winklervorgang, \rightarrow Vergasung.

Wippe, ein doppelarmiger Hebel mit festgelagerter Drehpunkt, der von einer Endstellung in die andere gekippt werden kann. W.n sind z. B. gebräuchlich als Kommutator.

Wipper, eine Einrichtung zum Entladen von Förderwagen im Bergbau, wobei diese um ihre Längsachse gedreht werden. Beim **Kreiselpopper** nimmt ein runder Korb einen oder zwei Wagen auf und dreht dann in der Längsachse um 360° , so daß zeitweilig die Räder der Wagen nach oben stehen und der Inhalt nach unten aus dem Wagenkasten herausfällt. **Doppelkreiselwipper** nehmen nebeneinander zwei Wagen auf und entladen je einen Wagen bei einer Drehung des Korbes um 180° .

Wirbel, eine Bewegungsform strömender Medien, die nicht drehungsfrei sind. Die Teilchen bewegen sich dabei auf geschlossenen Kreisbahnen. Die Entstehung der W. hängt mit der inneren Reibung der strömenden Teilchen zusammen. Ein Gebiet, das nicht überall drehungsfrei ist, heißt **Wirbelfeld**. Beim **Potentialwirbel** ist das Feld bis auf den Wirbelmittelpunkt drehungsfrei. Die Teile, die die Drehachse eines Wirbelfeldes darstellen, bleiben stets dieselben, sie bilden den **Wirbelfaden**. Wirbelfäden können nicht innerhalb einer idealen Flüssigkeit, sondern nur an deren Begrenzung enden (Wirbelsätze, Helmholtz 1858). Das Maß für die Stärke eines W.s ist die \rightarrow Zirkulation.

Ein in der Natur häufig zu beobachtender Flüssigkeitswirbel ist der **Strudel**, dessen Kern entweder aus einer als starrer Körper umlaufenden Flüssigkeitsmenge oder bei freier Oberfläche aus einem trichterförmigen Luftraum gebildet wird. Mit wachsendem Abstand vom Kern wird der Strudel dem Potentialwirbel ähnlich.

Wirbelbeschleuniger, svw. \rightarrow Betatron.

Wirbelbett, \rightarrow Wirbelschichtverfahren.

Wirbelkammermotor, ein \rightarrow Dieselmotor.

Wirbelrohr, \rightarrow Ranquisches Wirbelrohr.

Wirbelschichtverfahren, Fließbettverfahren, Staubbettverfahren, ein von F. Winkler entwickeltes Verfahrensprinzip zur Umsetzung von Gasen mit oder an Feststoffen. Wird in einem Gefäß feinkörniges Material von unten gleichmäßig von einem Gas durchströmt, so kommt es bei bestimmter Gasgeschwindigkeit zum Fließzustand, das Material verhält sich wie eine kochende Flüssigkeit mit mehr oder weniger de-

finiert Oberfläche (**Wirbelschicht, Wirbelbett**). Um ein stabiles Wirbelbett zu erhalten, sind bestimmte Verhältnisse zwischen der mittleren Korngröße, der Gasgeschwindigkeit und einer Reihe anderer Faktoren maßgebend.

Das W. bietet gegenüber anderen Verfahren folgende Vorteile: einen raschen Wärmeausgleich im Wirbelbett, eine große Wärmeübergangszahl, eine große Oberfläche des Materials und die Möglichkeit, das feste Material wie eine Flüssigkeit von einem in ein anderes Gefäß überzuführen.

Das W. wird z. B. zur Vergasung von Kohle und Koks im Winklervorgang (\rightarrow Generator), bei Röstprozessen, für katalytische Verfahren und zum \rightarrow Kracken von Erdöl angewendet.

Lit. Beranek, Sokol, Winterstein: Wirbelschichttechnik (dtsc Leipzig 1964); Schytil: Wirbelschichttechnik (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961).

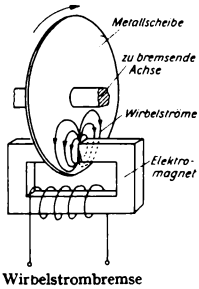
Wirbelsintern, ein Oberflächenbehandlungsverfahren zum Aufbringen von Plastschichten auf Metallteile als Korrosionsschutz oder zur Oberflächenvergütung. Das vorgewärmte Teil wird z. B. in aufgewirbeltes Polyäthylen- oder Polymiltpulver gehalten, das bei Berührung schmilzt und aufsintern, so daß sich allmählich auf dem Metallteil eine gleichmäßige Schicht bildet.

Wirbelstrombremse (Abb.), eine elektrische Bremse. In einer Scheibe aus gut leitendem Metall (Kupfer oder Aluminium), die sich zwischen den beiden Polen eines feststehenden Elektromagneten dreht, entstehen \rightarrow Wirbelströme, die den Elektromagneten mitzunehmen suchen und dadurch die Scheibe bremsen. Man verwendet W.n z. B. als \rightarrow Gleisbremsen; dabei entstehen die Wirbelströme dadurch, daß die Kraftlinien des magnetischen Feldes von den durchfahrenden Rädern geschnitten werden. Ferner sind W.n in Elektrizitätszählern vorhanden.

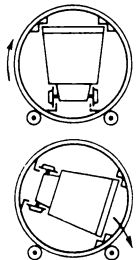
Wirbelströme, Foucaultsche Ströme, Ströme, die in massiven elektrisch leitenden Körpern entstehen, die man in ein zeitlich veränderliches Magnetfeld bringt (z. B. den Eisenkern eines Transformators) oder in einem räumlich veränderlichen Magnetfeld bewegt (z. B. den Läufer eines Elektromotors). Im Gegensatz zu den Leitströmen, deren Stromlinien stets längs der Leiterachse verlaufen, stellen die W. ein Strömungsfeld mit wirbelförmigen Stromlinien dar. Da die W., wie die Leiterströme, nach dem Jouleschen Gesetz Wärme erzeugen und diese Energie dem magnetischen Feld bzw. dem mechanischen Antrieb entziehen (Wirbelstromverluste), sind sie im allgemeinen unerwünscht. Um sie zu unterdrücken, baut man die Kerne von Transformatoren bzw. die Läufer von elektrischen Maschinen aus dünnen Blechen auf, die z. B. durch Lackanstrich gegeneinander isoliert werden. Ausgenutzt wird die Wirkung der W. bei bestimmten Typen elektrischer Maschinen, bei der \rightarrow Wirbelstrombremse und zum Dämpfen der Bewegung von Meßinstrumenten.

In elektrischen Leitern, die Wechselstrom führen, werden W. durch das Magnetfeld des Leiters selbst hervorgerufen und überlagern sich dem Leiterstrom. Dadurch entsteht über dem Leiterquerschnitt eine ungleichmäßige Verteilung der Stromdichte (\rightarrow Skin-Effekt), die mit zusätzlichen Energieverlusten verbunden ist. Zur Abhilfe unterteilt man die massiven Leiter in dünne, gegeneinander isolierte Teilleiter, die verdreht werden.

Wirbelsturm, ein orkanartiger Luftwirbel (Zyklone), dessen Entstehung auf dicht nebeneinander liegende Luftmassen mit starken Gegensätzen im Energiegehalt zurückgeführt wird, z. B. *Hurrikane* und *Tornados* im mittleren Atlantik, *Taifune* in den ostasiatischen Gewässern. Die Energie eines W.s ist wesentlich größer als die



Wirbelstrombremse



Kreiselpopper (unten zum Entladen gekippt)

einer Zyklone in unseren Breiten. Einen **Wirbelwind** bezeichnet man als → Trombe.

Wirkerei (Tafel 35), ein Zweig der Textiltechnik, umfaßt die Herstellung von Gewirken mittels verschieden geformter Nadeln, Platinen (Stahlplättchen) u. a. Elemente (Abb.). Man unterscheidet Kulier- und Kettengewirke, die auf entsprechenden Wirkmaschinen hergestellt werden. Auf **Kulierwirkmaschinen** werden aus einem einzigen Faden an allen Nadeln nacheinander mittels Kulierplatinen Schleifen geformt (kuliert) und diese dann gleichzeitig zu Maschinen ausgearbeitet, indem die in der vorhergehenden Reihe gebildeten Schlingen darübergeschoben werden. In Flachkulierwirkmaschinen (Cottonmaschinen, hauptsächlich für Damenstrümpfe) sind die Nadeln in einer Reihe (Fontur) nebeneinander angeordnet. Durch Verändern der Gewirkebreite mit Deck- und Mindereinrichtungen kann man reguläre (formgerechte) Gewirke mit festem Rand anfertigen, die durch → Ketten verbunden werden. Bei Rundwirkmaschinen zur Herstellung von Schlauchgewirken sind die Nadeln ringförmig im Nadelzylinder gelagert. Damenstrümpfe, Trainingsanzüge, Herrenunterwäsche sind meist Kuliergewirke. Zur Herstellung von Kulierplüsch wird zwischen den Maschenreihen ein Faden zu tiefen Schleifen kuliert, die aufgeschnitten werden können.

In der **Kettenwirkmaschine** wird jeder Spitzennadel ein vom Kettbaum kommender Faden mittels Lochnadel zugeführt. Die Lochnadeln befinden sich in beweglichen Legeschienen und legen alle Fäden gleichzeitig unter und über die Spitzennadeln; die weitere Maschenbildung erfolgt wie bei Kuliergewirke. Die Maschen bilden im Gewirke Stäbchen; innerhalb der Stäbchen liegen die Fäden in Zickzackform. Kettengewirke kann nicht regulär gearbeitet werden, es wird beim Verarbeiten geschnitten. Gebräuchliche Bindungen sind Trikot, Tuch, Atlas, Filet, Charmeuse, plattierte Ware. Die **Raschelmachine** (Raschel) ist eine Flachkettenwirkmaschine mit ein oder zwei Reihen (Fonturen) Zungennadeln in senkrecht beweglichen Nadelbarren und bis zu sechs Legeschienen für die Lochnadeln. Raschelgewirke können in sehr vielfältiger Musterung hergestellt werden. Auf Spezialraschelmachines werden → Teppiche hergestellt. Auf **Milanese-wirkmaschinen** (Flachkettenwirkmaschinen) und **Marattiwirkmaschinen** (Rundkettenwirkmaschinen) werden Gewirke (Milanese- bzw. Marattigewirke) mit zwei über die ganze Warenbreite diagonal laufenden Kettfadensystemen hergestellt. Milanese- und Marattigewirke sind feinschmig und besonders elastisch; es ist nur eine begrenzte, jedoch großflächige (Karo-) Musterung möglich.

Lit. Funke: Die Raschelmachine (Leipzig 1953); Lipkow: Technologie der Wirk- und Strickwaren (dtsch Leipzig 1955); Michael: Der Rundwirkstuhl (Leipzig 1951); Die Kettenwirkmaschine (Leipzig 1952); Michael u. Eichler: Kuliermusterlehre (Leipzig 1956); Grundlagen der Trikotagen-Konfektion (Berlin 1960); Technologie Flachkulierwirke und Feinstrumpfmaschinen (Berlin 1959).

Wirkinformation, svw. → Transinformation.
Wirkleistung, → elektrische Leistung.

Wirkstoffe, svw. → Biokatalysatoren.

Wirkstrom, der beim Fließen eines sinusförmigen → Wechselstromes in einem Netzwerk auftretende Anteil des → Scheinstromes, der mit der Spannung über den Klemmen dieses Netzes in Phase ist. Das Produkt aus Spannung und W. liefert die Wirkleistung (→ elektrische Leistung).

Wirkung, in der Physik das Produkt aus Energie und Zeit oder aus Impuls (Bewegungsgröße) und Strecke. Das **Prinzip der kleinsten W.** (Mauerpertuisches Prinzip) besagt, daß von allen mechanischen Bewegungen, die ein physikalisches System (z. B. ein Massepunkt unter der

Wirkung einer Kraft) bei gleichbleibender Energie ausführen kann, diejenige tatsächlich ausgeführt wird, bei der die W. den kleinsten (manchmal auch den größten!) möglichen Wert erhält.

Wirkung gleich Gegenwirkung, *actio = reactio*, das Reaktionsprinzip von Newton (→ Newtonsche Axiome).

Wirkungsgrad, Zeichen η , das Verhältnis Nutzleistung zu aufgewandter Leistung, $\eta = N_g : N_t$, in manchen Fällen (geneigte Ebene, Keilschubgetriebe) auch das Verhältnis Kraftaufwand bei idealem, verlustlosem Betrieb zu tatsächlich erforderlichem Kraftaufwand. η ist stets kleiner als 1 oder 100 % (weil ein Perpetuum mobile nicht möglich ist). Aller technischer Fortschritt strebt nach einer immer besseren Annäherung des W. es der Maschinen an den Idealwert Eins. Der **Gesamtwirkungsgrad** eines zusammengesetzten Getriebes, Aggregates o. ä. ist gleich dem Produkt der Einzelwirkungsgrade der Teilgetriebe bzw. der Aggregatteile: $\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots$

Wirkungsquantum, → Plancksches Wirkungsquantum.

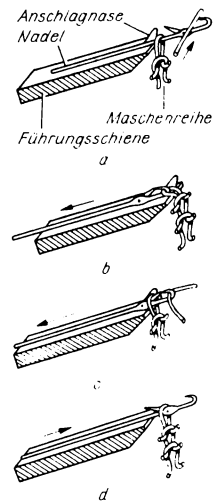
Wirkungsquerschnitt, in der Atom- und Kernphysik der scheinbare Querschnitt, den ein Elementarteilchen, Atom oder Molekül einem einfallenden Teilchen darbietet. Trifft das Teilchen innerhalb dieses Querschnitts auf, setzt eine Reaktion ein, z. B. eine Kernreaktion, oder eine Streuung. Man spricht daher von **Reaktionsquerschnitt** oder **Streuquerschnitt**. Der W. ist als Maß für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Wechselwirkung anzusehen. Wird das Teilchen eingefangen, heißt der W. **Einfangquerschnitt**. Bei Stößen zwischen Gasmolekülen ist der **Stoßquerschnitt** maßgebend. Die Größe des W.s ist je nach dem betrachteten Vorgang und der Art des einfallenden Teilchens sehr verschieden. Der Stoßquerschnitt beträgt ungefähr 10^{-18} cm^2 , während W.e für Prozesse zwischen Elementarteilchen oder Atomkernen die Größenordnung von 10^{-30} bis 10^{-30} cm^2 haben. Die Einheit für den W. in der Kernphysik ist das → Barn.

Wirkungssphäre, ein Begriff aus der Theorie des Mehrkörperproblems. Bewegt sich ein Körper im Schwerfeld mehrerer Massen $m_1, m_2, \dots m_n$, so kann man zur Vereinfachung der Bahnberechnung annehmen, daß nur eine dieser Massen, z. B. die (benachbarte) Masse m_k , vorhanden ist, während der Einfluß der übrigen Massen vernachlässigt wird. Dieselbe Beschreibung ist auch bezüglich jeder anderen Masse m_i bis m_n möglich. In jedem Punkt ist aber eine dieser Beschreibungen die beste, d. h., die vernachlässigten Störkräfte der übrigen Massen sind relativ am kleinsten. Der Raumbereich, in dem das bezüglich einer Masse m_k gilt, ist die W. dieser Masse. Im Falle von zwei Massen m_1 und m_2 im Abstand a mit $m_1 \gg m_2$ ist die W. von m_2 relativ zu m_1 annähernd kugelförmig und hat den Radius $r \approx a \cdot (m_2/m_1)^{1/4}$. Der Radius der W. des Mondes relativ zur Erde beträgt etwa 63000 km; im Gravitationsfeld der Sonne haben die Planeten W.n mit folgenden Radien (in Tausend km): Merkur 105, Venus 582, Erde (+ Mond) 877, Mars 545 (alle Werte bei mittlerem Abstand von der Sonne).

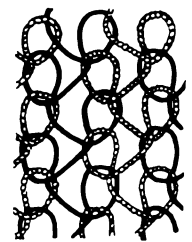
Die W. ist von Bedeutung bei der näherungsweise Berechnung von Raumflugbahnen (Reduzierung auf Zweikörperprobleme).

Wirkwiderstand, → Wechselstromwiderstand.

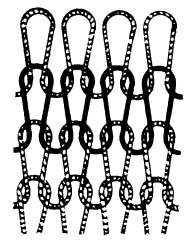
Wirtschaftsflug (Tafel 11), in der DDR Bezeichnung für den Einsatz von Flugzeugen und Hubschraubern in der Volkswirtschaft. Die Hauptaufgaben des W.s sind einmal der Einsatz für Spezialaufgaben, z. B. Durchführung von Meß-, Bild- und geologischen Erkundungsflügen, sowie vor allem der Einsatz von Hubschraubern für Montageflüge. Dabei arbeitet der Hub-



Herstellung von Wirkwaren mit Zungennadeln: a Eine neue Fadenlänge wird in den Nadelkopf der Zungennadel gelegt. b Die Nadel geht zurück, die Zunge schließt sich, der Haken bildet eine neue Fadenschleife. c Über die Fadenschleife wird die vorher gebildete Halbmasche geschoben und bildet eine neue Masche. d Die Nadel geht vor, die fertige Halbmasche gleitet nach hinten auf den Nadelchaft



Kuliergewirke



Kettengewirke

schrauber als 'fliegender Kran', indem die zu hebenden Lasten — an einem Seil unter dem Hub-schrauber angehängt — unabhängig von Montagegerüsten in beliebige Höhen gehoben und dort genau abgesetzt werden (**Kranflug**). Eine weitere Hauptaufgabe des W.s ist der Einsatz für Agrarflugaufgaben als Dienstleistung für Landwirtschaftsbetriebe (**Agrarflug**). Dabei werden Pflanzenschutzarbeiten (Versprühen oder Verspritzen von Insektiziden, Fungiziden, Herbiziden) oder Mineraldüngearbeiten (Streuen von Mineraldüngern in granulierter oder kristalliner Form) geleistet. Zur Durchführung von Agrarflugaufgaben werden Speziallandwirtschaftsflugzeuge im Rumpf mit einem Chemikalienbehälter sowie mit einem Streudeфлектор bzw. Schleuder-rad oder einer Pumpe (Antrieb durch das Triebwerk oder durch Drehflügel) sowie je einem Satz Spritz- oder Sprühdüsen ausgerüstet. Die Luftfahrzeuge werden auf Arbeitsflugplätzen in unmittelbarer Nähe der Felder beladen und fliegen über den zu bearbeitenden Feldern in einer Höhe von 5 bis 10 m mit einer Geschwindigkeit von 120 bis 160 km/h, dabei legen sie nach dem Web-schützenverfahren Streifen neben Streifen der ausgebrachten Chemikalien mit einem Schritt, der der Arbeitsbreite der Ausbringeanlagen (Spritzen 20 bis 40 m, Sprühen 40 bis 60 m, Streuen 8 bis 20 m) entspricht. Der Agrarflug zeichnet sich durch eine hohe Produktivität (je nach Arbeitsart die 10- bis 20fache Flächenleistung der Bodengeräte, bei Kartoffelkäferbekämpfung z. B. 110 ha/Flugstunde) sowie durch eine Reihe von Einsatzvorteilen aus (keine Beschädigung der Pflanzenkulturen, intensive, gleichmäßige Behandlung der Pflanzen, Bewältigung umfangreicher Pflanzenschutzmaßnahmen in kürzester Zeit, Einsatz unabhängig von den Bodenverhältnissen).

Lit. Britt: Flugzeuge in der Land- und Forstwirtschaft (Berlin 1960).

Wismut *n*, Symbol Bi [von Bismutum], chemisches Element aus der V. Hauptgruppe des Periodensystems, Reinelement, Schwermetall; Ordnungszahl 83, Atomgewicht 208,980 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist III, auch II und I, D. 9,80 g cm $^{-3}$, F. 271 °C, Kp. 1560 °C. W. ist ein sprödes Metall mit rötlich-weißem Glanz, das von allen Metallen den elektrischen Strom und die Wärme am schlechtesten leitet. Es ist an trockener Luft beständig, an feuchter oxidiert es oberflächlich. Löslich ist es in heißer konzentrierter Schwefelsäure und in Salzsäure. W. ist eines der seltensten Elemente. Gedenken findet man es gelegentlich in Gneis und Granit sowie auf Kobalt- und Nickelgängen im Erzgebirge, häufiger kommt es in chemisch gebundener Form vor, besonders in Bismutin. Der größte Teil des W.s wird heute aus den Nebenprodukten der Blei- und Kupferraffination gewonnen. Aus sulfidischen Erzen erhält man W. durch Rösten und Schmelzen, aus oxidischen Erzen sowie Zwischenprodukten durch Lösen in Salzsäure, Ausfällen und Schmelzen. Besonders reines W. wird technisch durch elektrische Refinement gewonnen. W. dient vorwiegend zur Herstellung niedrigschmelzender Legierungen (→ Lipowitzsches Metall, → Roses Metall, → Wood-sches Metall).

Wismutverbindungen. **Wismut(III)-nitrat**, Bi(NO $_3$) $_3$ · 5H $_2$ O, farblose Kristalle, die in der Hitze oder beim Lösen in Wasser in **Wismut-oxidhydrat** BiO(NO $_3$) übergehen, verwendet in der Porzellanmalerei zum Aufbrennen der Goldfarben, in der Medizin zur Behandlung von Magengeschwüren, Darmkatarrhen und Syphilis sowie als adstringierender und keimtötender Wundpuder; **Wismut(III)-oxid**, Bi $_2$ O $_3$, ein gelbes, in der Hitze rotbraunes Pulver, verwendet zur Herstellung von Gläsern mit hohem Licht-

brechungsvermögen und in der Glas- und Porzellanmalerei.

Wismutglanz, swv. → Bismutin.

wissenschaftlich-technische Revolution, **technische Revolution**, ein Prozeß der qualitativen Veränderung der Produktionstechnik, wie er sich gegenwärtig in den Industrieländern gesetzmäßig vollzieht. Zu den wichtigsten Merkmalen der w.-t.-n R. gehören: die Automatisierung, verbunden mit der Anwendung der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik; die Anwendung der Kybernetik, auch bei der Leitung und Planung der Produktion; die industrielle Nutzbar-machung qualitativ neuer Energiequellen, z. B. der Kernenergie, und die Chemisierung der Volkswirtschaft; die qualitative Veränderung des Verhältnisses von Wissenschaft und Produktion, wobei die Wissenschaft immer mehr unmittelbare Produktivkraft wird. Damit zusammenhängend verändert sich die Stellung des Menschen in der Produktion ganz entscheidend und erfordert die planmäßige Entwicklung des kulturell-technischen Niveaus der Werktätigen. Im Unterschied zum Kapitalismus, in dem die w.-t.-R. die Existenzunsicherheit der Werktätigen vergrößert und ihre Durchsetzung durch das antagonistische kapitalistische Produktionsverhältnis gehemmt wird, trägt unter sozialistischen Produktionsverhältnissen die w.-t.-R. zur Schaffung der materiell-technischen Basis des Kommunismus bei, läßt den Menschen immer stärker zum Beherrscher der Naturkräfte werden und schafft die Voraussetzungen für ständig wachsenden Wohlstand.

Witterung, ein häufig über mehrere Tage anhaltender, bestimmter Wetterzustand.

Wlassowsche Theorie des Teilchenkollektivs, → molekularkinetische Theorie der Materie.

WMO, → Meteorologie.

Wobbler, Einrichtung zur Erzielung einer stetigen periodischen Änderung der Frequenz eines Oszillators zwischen zwei Grenzwerten bei gleichbleibender Spannungsamplitude (gewobbelte Frequenz, Wobbelsender, Frequenzmodulator). Er dient in Verbindung mit einem Elektronenstrahloszillographen zum Sichtbarmachen von Frequenzcharakteristiken (z. B. Filterkurven und Gesamtdurchlaßkurven von Rundfunkgeräten).

Wolalfarbstoffe, Wz. DDR, Metallkomplexfarbstoffe, die zur Erzielung einer besseren Wasserlöslichkeit hydrophile Gruppen enthalten. W. zeichnen sich durch hervorragende Lichtechtheit aus. Sie dienen zum Färben von Wolle, Naturseide und Polyamidfasern sowie von Polyamidspritzgußartikeln.

Wofatite, Wz. DDR, Kunstharze, die als → Ionenaustauscher eingesetzt werden.

Wöhlerkurve, → Dauerschwingfestigkeit.

Wollen, in der Spinnerei das Auflockern der sortierten Rohwolle vor dem Waschen in der Kammgarnspinnerei oder das Auflockern und gleichzeitige Mischen der gewaschenen Wolle in der Streichgarnspinnerei. Das W. geschah früher im **Reißwolf**, neuerdings wird es meist schonender in der Kammgarnspinnerei im **Rohwollöffner** bzw. in der Streichgarnspinnerei im **Krempelwolf** (→ Karde) vorgenommen.

Wolfram *n*, Symbol W, chemisches Element aus der VI. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall; Ordnungszahl 74, Massenzahlen der Isotope 184, 185, 182, 183 und 180, Atomgewicht 183,85 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist VI, auch II, III, IV, V, D. 19,1 g cm $^{-3}$, F. etwa 3400 °C, Kp. 5900 bis 6000 °C; erstmalig 1783 von Fausto und d'Elhujar hergestellt. Kompaktes W. ist weiß und metallisch glänzend, pulverförmiges von mattgrauem Aussehen. Es löst sich in einem Gemisch von konzentrierter Salpetersäure mit Flußsäure und in alkalischen

oxydierenden Schmelzen. Es findet sich nie gegliedert. Die wichtigsten Wolframminerale sind Wolframit und Scheelit, die zunächst durch einen Flotationsprozeß oder durch elektromagnetische Aufbereitung angereichert und danach durch Schmelzen mit Soda aufgeschlossen werden. Das dabei entstehende Natriumwolframat wird mittels Salzsäure zu Wolframsäure zersetzt und das daraus erhaltene Wolfram(VI)-oxid mit Wasserstoff oder Kohle zu W. reduziert. Durch Sintern in der Wasserstoffatmosphäre läßt sich W. in kompakter Form gewinnen. Durch Hämmern wird das spröde Metall dehnbar gemacht und zu Drähten bis zu 0,005 mm Durchmesser ausgezogen. Reines W. dient als Legierungsbestandteil für Spezialstähle sowie wegen seines hohen Schmelzpunktes und seiner geringen Verdampfbarkeit zur Herstellung von Glühfäden für Glühlampen und Elektronenröhren, außerdem zur Herstellung von Antikathoden in Röntgenröhren und hochbeanspruchten elektrischen Kontakten. Wichtig ist W. auch als Legierungselement für → Ferrolegierungen, → Hartmetall und → Schneidmetalle.

Wolframverbindungen. **Wolframkarbide**, W_2C und WC , graue Kristalle, verwendet bei Hartmetall als Härte Träger; **Wolfram(VI)-oxid** (Wolframtrioxid), WO_3 , intensiv gelbes Kristallpulver, verwendet als Kontakt und als gelbes Pigment in der Keramikindustrie, in Laugen löslich unter Bildung von **Wolframat**, Me_2WO_4 , von denen Natrium-, Kalzium- und Magnesiumwolframat als Fluoreszenzstoffe, Barium- und Zinkwolframat als weiße Deckfarben dienen.

Lit. Agte u. Vacek: W. und Molybdän (dtsch Berlin 1959).

Wolframbandlampe, eine Glühlampe mit einem Wolframband als Leuchtkörper. Sie wird vor allem in der Pyrometrie verwendet. An einer durch eine Kerbe im Leuchtkörper gekennzeichneten Stelle strahlt sie mit einer aus der Eichkurve ersichtlichen Temperatur.

Wolframit, ein Mineral, das wichtigste Wolframerz, $(Fe, Mn)WO_4$, Mischkristalle zwischen $FeWO_4$ (Ferberit) und $MnWO_4$ (Hübnerit); monoklin, dunkelbraun bis schwarz, Härte nach Mohs 5 bis 5,5, D. 7,14 bis 7,54 g cm⁻³. W. findet sich hauptsächlich in pegmatitischen und pneumatolytischen Lagerstätten, besonders des Zinnsteins. Er wird in der Elektroindustrie und als Legierungsmetall für Stähle verwendet.

Wolken, Ansammlung von feinen Wassertropfen oder – bei tiefen Temperaturen – Eisteilchen, die in der Luft in verschiedenen Höhen schweben; sie entstehen durch Kondensation bzw. Sublimation des atmosphärischen Wasserdampfes infolge von Abkühlung unter den Taupunkt. Diese tritt entweder durch Ausstrahlung oder als adiabatischer Vorgang in aufwärtsgerichteten Luftströmungen ein.

W. und Nebel sind ihrem Wesen nach gleich; sie unterscheiden sich nur durch ihre Lage zur Erdoberfläche. Die Himmelsbedeckung mit W. nennt man → *Bewölkung(sgrad)*. Jede Bildung von W. ist an Kondensations- oder Sublimationskerne gebunden. Da der Wasserdampfgehalt mit der Höhe rasch abnimmt, kommt es vorwiegend in den unteren Schichten der Atmosphäre zur Wolkenbildung. Meist entstehen dabei in geringeren Höhen **Wasser-**, in größeren Höhen dagegen durch Sublimation **Eiswolken**.

Nach der Ursache ihrer Entstehung und nach ihrer äußeren Form unterscheidet man zwei Hauptarten von W.: **Schichtwolken** (**Stratus**) und **Haufenwolken** (**Cumulus**). Schichtwolken treten bei stabiler Schichtung der Atmosphäre, Haufenwolken mit starker Vertikalentwicklung (**Quellwolken**) dagegen bei labiler Schichtung auf. Diese beiden Hauptarten, zwischen denen es Übergänge und Mischformen gibt, können in

allen Höhengstufen vorkommen, in denen sich W. bilden. Besondere Wolkenbildung oder -anordnung, wie **Wogenwolken** (parallel angeordnete Wolkenstreifen), tritt bei stärkerer Turbulenz in der Atmosphäre auf.

Man unterscheidet 10 verschiedene **Wolkengattungen**, die zu 4 **Wolkenfamilien** zusammengefaßt sind. 1) Hohe oder obere W. (über 6000 m Höhe): a) **Cirrus** (Abk. Ci) oder Haar- bzw. Federwolke (über 8000 m Höhe), b) **Cirrostratus** (Abk. Cs) oder Schleierwolke, c) **Cirrocumulus** (Abk. Cc) oder Schäfchen- bzw. Lämmerwolke; 2) mittelhohe oder mittlere W. (Altowolken in 2000 bis 6000 m Höhe): a) **Altostratus** (Abk. As) oder hohe Schichtwolke, b) **Allocumulus** (Abk. Ac) oder grobe Schäfchenwolke; 3) tiefe oder untere W. (bis 2000 m Höhe): a) **Stratus** (Abk. St) oder Schichtwolke, b) **Stratocumulus** (Abk. Sc) oder Schicht-Haufenwolke; 4) W. in verschiedenen Höhen (von 500 m bis zur Cirrushöhe): a) **Cumulus** (Abk. Cu) oder Haufenwolke, b) **Cumulonimbus** (Abk. Cb) Regen-Haufenwolke oder Gewitterwolke, c) **Nimbostratus** (Abk. Ns) oder Regen-Schichtwolke. Die Wolkengattungen werden weiterhin noch in Arten und Unterarten eingeteilt, z. B. → **Castellanus**, **Lenticularis** u. a. Als **Mammatus** wird eine Wolkenform bezeichnet, die bei verschiedenen Wolkengattungen auftritt und auf Regen deutet. – Weiteres → leuchtende Nachtwolken.

Lit. Prochnow: W. (3. Aufl. Wittenberg 1955); Süring: Die Wolke (3. Aufl. Leipzig 1956).

Wolkenbruch, ein ungewöhnlich intensiver Regen von nicht zu langer Dauer. Im allgemeinen ist die Intensität des Regens (mm/min oder l/m² · min) seiner Dauer umgekehrt proportional. Eine international einheitliche Definition liegt nicht vor, und für verschiedene Klimagebiete sind die Grenzwerte ebenfalls sehr verschieden. Für mitteleuropäische Verhältnisse kann als Mindestintensität für einen Wolkenbruch (bis zu 2 Stunden Dauer) der Betrag $\sqrt[3]{30/t}$ angesetzt werden, wobei für t dessen Dauer in Minuten einzusetzen ist.

Wolkenkratzer, → Hochhaus.

Wollastondraht, ein nach dem englischen Physiker W. H. Wollaston benannter, sehr feiner Draht aus Platin oder auch Gold (Durchmesser bis herab zu 0,0005 mm) mit einem Silbermantel. Vor dem Einsatz, besonders in Feinmeßgeräten der Elektrotechnik, wird dieser Silbermantel mit Salpetersäure abgelöst.

Wolle, feine und mittelfeine, mehr oder weniger gekräuselte Tierhaare, im engeren Sinne die des Schafes.

Struktur und Eigenschaften. Die Oberhaut der Wollfaser wird von dachziegelartig sich überdeckenden Schuppen gebildet, die den aus Spindelzellen bestehenden Faserstamm einschließen; gröbere W. hat eine zentrale Markscheide. Die Schuppenstruktur ermöglicht das Filzen der W. Die Eiweißstoffe der W. bestehen nach L. Pauling aus spiralig gefalteten Polypeptidketten von Keratinen, wobei die Spiralen durch Wasserstoffbrücken fixiert sind. W. ist ziemlich säurebeständig, wird aber durch verdünnte Alkalien hydrolysiert. Zur Unterscheidung von W. und Baumwolle brennt man einen Faden an; bei W. entwickelt sich der typische Geruch nach verbranntem Haar, und am Ende des Fadens bildet sich ein aufgeblähtes Kohlekügelchen. W. läßt sich ferner durch Erhitzen mit aus Bleiazetat und Natronlauge hergestellter Natriumplumbatlösung nachweisen; hierbei bildet sich schwarzes Bleisulfid. Wichtig für die Qualität der W. ist ihre *Feinheit*; die einzelne Wollfaser ist 18 bis 80 µm dick. Die feinste W. ist die Merinowolle, die gröbste die der Niederungsschafe. Die einzelne Wollfaser weist je Zentimeter 3 bis 12 mehr oder weniger ausgeprägte Kräuselungs-

bögen auf. Je feiner die W., um so stärker die Kräuselung. Die Kräuselung der W. verursacht Fülligkeit und Weichheit der Garne. Die *Länge* der W. steht ebenfalls in Beziehung zu ihrer Feinheit; je feiner, desto kürzer, je gröber, desto länger ist die W. Die *Zugfestigkeit* der W. beträgt 13 bis 21 kp/mm², die hohe elastische Dehnung, die geringe Knitterneigung der Wolltextilien zur Folge hat, 11 bis 15 %, die Bruchdehnung 35 bis 50 %.

Arten und Gewinnung. Bei der Schafwolle unterscheidet man **Kammwolle** von den Niederungs- und Marschschafen, grob, lang (12 bis 32 cm), wenig gekräuselt, glänzend; **Merinowolle** oder **Streichwolle** von den Höhen- oder Land-schafen, fein weich, nur 4 bis 15 cm lang, gekräuselt, nicht sehr glänzend; **Crossbredwolle** von Kreuzungen feinwolliger Merinoschafe mit grobwolligen Cheviotschafen. Meist wird W. als durch Wollfetttschweiß und Verbindungshaare zusammenhängendes *Vlies* durch die Schur vom lebenden Schaf gewonnen (**Schurwolle**). Es wird einmal im Jahr geschoren (Einschurwolle), bei langwolligen Schafen auch zweimal im Jahre (Zweischurwolle).

Der Schurertrag liegt bei Mutterschafen im Durchschnitt bei 4 bis 5 kg, Böcke liefern 7 bis 9 kg. Maßgebend für den Wollertrag ist jedoch nicht der Schurertrag, sondern das *Rendement*, d. h. der Ertrag an gewaschener trockener W. zuzüglich 17 bis 18 % Feuchtezuschlag. Die ungewaschene W. (**Schweißwolle** oder **Schmutzwolle**) enthält noch Wollfetttschweiß, Sand, Staub, Kot, Futterreste, Kletten; ihr Rendement beträgt im Durchschnitt 35 bis 60 %.

Aufbereitung. In der **Wollkammerei** wird die W. in die je nach Körperteil unterschiedlichen Qualitäten zerlegt (Bereiben). Die beste W. befindet sich an den Schulterblättern und Flanken. In der **Wollwäscherei** (**Fabrikwäsche**) wird die sortierte W. in einem kontinuierlichen Arbeitsgang langsam durch mehrere große Waschbottiche mit warmen Seifen- und Sodalösungen hindurchbewegt. Nach dem Waschen wird sie gespült und dann in Trocknern mit Warmluft getrocknet. Aus dem Waschwasser werden Lanolin und Kaliumkarbonat (Pottasche) gewonnen. Neuere Verfahren sind die saure Wollwäsche (pH-Wert 4,9), die isoelektrische Wäsche, die Lösungsmittelwäsche und das Entfernen des in starker Kälte spröden Wollfetts durch Schlagen (frosted wool process). W., die pflanzliche Verunreinigungen in großer Menge enthält, besonders Reißwolle, wird mit dem Klettenwolf oder durch → Karbonisieren entklettet. In der Kammerei werden auf der Kammmaschine kurze Fasern (Kämmlinge) ausgeschieden, die langen Fasern (Kammzug) werden zu Kammgarn ver-spinnen. Aus Kämmlingen, Streichwolle und Reißwolle wird Streichgarn hergestellt.

Die bedeutendsten Wollerzeuger sind Australien, die Sowjetunion, Neuseeland, Argentinien, Südafrika, die USA und Uruguay.

Lit. Doehner: Handb. der Schafzucht und Schafhaltung (Berlin und Hamburg 1954); Doehner u. Reumuth: Wollkunde (2. Aufl. Berlin u. Hamburg 1964); Hartwig u. Unger: Wollwäscherei und Kammerei (Berlin 1957).

Wolpulya, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Woodsches Metall, eine Wismut-Blei-Kadmium-Zinn-Legierung mit 50 % Wismut, 25 % Blei, 12,5 % Kadmium und 12,5 % Zinn; Schmelzpunkt etwa 60 °C. Die Legierung wird für Schmelzsicherungen bei Temperaturüberwachungsanlagen verwendet, ferner dient sie als Heizbadflüssigkeit. Das Woodsche Metall ist nach dem Amerikaner Wood benannt.

Worobieffit, eine Varietät des → Berylls.

Wos'chod, Name einer Serie von bemannten Raumschiffen der UdSSR, → Raumfahrt.

Wostok, Name einer Serie von bemannten Raumschiffen der UdSSR, → Raumfahrt.

WPS, Kurz. für Wellenperdestärke, → Wellenleistung.

Wrasen, der Dampf, der sich bei der Druckentlastung von Wasser auf Umgebungsdruck bei einer Wassertemperatur von mehr als 100 °C bildet.

Ws, Kurz. für → Wattsekunde.

WS, Abk. für → Wassersäule.

Wuchsstoffe, spezifisch wirkende wachstumsregulierende Stoffe, die bei Mikroorganismen und bei Pflanzen für das Wachstum notwendig und in niedrigen Konzentrationen wirksam sind. Die W. lassen sich in zwei Gruppen einteilen: 1) **A-Wuchsstoffe** oder **Auxine** regulieren das Zellwachstum durch Streckung. Sie sind für das Wachstum höherer Pflanzen wichtig, werden vorwiegend in den Trieb- und Wurzelspitzen gebildet und reichen sich auf der Schattenseite und auf der Unterseite von Pflanzenorganen stärker an, weshalb die betreffenden Seiten sich mehr strecken, so daß eine nach dem Licht (Phototropismus) oder nach der Schwerkraft (Geotropismus) orientierte Krümmung zustande kommt. Zu ihnen gehören die Auxine a und b sowie Heteroauxin (Indolyl-3-essigsäure). 2) **B-Wuchsstoffe** oder **Bios-Wuchsstoffe** regulieren das plasmatische Wachstum der Zellen. Sie sind für das Wachstum der Mikroorganismen von größter Bedeutung.

Als W. werden außerdem die in einem komplexen Wachstumsfaktor der Hefe, dem „Bios“, enthaltenen Faktoren myo-Inosit (Bios I), Biotin (Bios II) und Pantothenäure bezeichnet.

Die in der Landwirtschaft verwendeten Wuchsstoffmittel (vor allem halogensubstituierte Phenoxyessigsäuren) werden zur Unkrautvernichtung eingesetzt. Sie rufen ein übermäßig starkes Wachstum der Unkräuter hervor, die sich schließlich zu Tode wachsen.

Wulfenit, **Gelbbleierz**, ein Mineral, PbMoO₄; tetragonal, gelbweiß, gelb, orangerot, Härte nach Mohs 3, D. 6,7 bis 6,9 g/cm³. W. tritt stellenweise reichlich in der Oxydationszone von Bleierzlagerstätten auf; er wird zur Stahlveredlung verwendet.

Wulstbug, → Bug.

Wurf, die freie Bewegung eines mit einer bestimmten Anfangsgeschwindigkeit v_0 unter dem Abgangswinkel α geworfenen Körpers im Schwerfeld der Erde. Die → Flugbahn wird außer durch die Anfangsbedingungen durch die Fallbewegung bestimmt.

Würfel, **Hexaeder**, ein von sechs kongruenten Quadraten begrenzter regelmäßiger Körper (Abb. → Körper), eine Sonderform des Parallelepipeds. Ist a die Kantenlänge, so gilt für die Oberfläche des W. $A = 6a^2$, für das Volumen $V = a^3$; jede der vier räumlichen Diagonalen hat die Länge $d = a\sqrt{3}$.

Würfelverdoppelung, → Delisches Problem.

Wurfschauflader, eine → Lademaschine zum unstetigen (diskontinuierlichen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut. W. sind mit einer oft schwenkbaren Schaufel (0,1 bis 0,6 m³) ausgerüstet, die frontseitig in das Haufwerk stößt und es wie ein → Überkopflader nach hinten auf ein Förderband oder in Transportwagen abgibt. W. werden im Bergbau (besonders im Tunnel- und Stollenbau) zum Laden gelösten Felsens vor Ort eingesetzt. Sie sind meist schieneneinfahrbar, der Antrieb erfolgt mittels Druckluftmotors.

Wurtzit, → Sphalerit.

Wurzel, ein Begriff der Arithmetik. Die n -te W. einer Zahl a ist diejenige Zahl, deren n -te Potenz a ergibt (n ist dabei eine natürliche Zahl). So ist z. B. die zweite W. aus 49 gleich 7, denn es ist $7^2 = 49$; Schreibweise $\sqrt[2]{49} = 7$. Die

dritte W. aus 27 ist 3, denn $3^3 = 27$; Schreibweise: $\sqrt[3]{27} = 3$. Die zweite W. aus einer Zahl bezeichnet man auch als **Quadratwurzel**, die dritte W. als **Kubikwurzel**. Das Bestimmen der n -ten W. aus einer Zahl heißt **Wurzelziehen** (**Radizieren**) und ist die 1. Umkehrung des Potenzierens (2. Umkehrung: Logarithmieren, \rightarrow Logarithmus), nämlich die Auflösung der Gleichung $b^n = a$ bei gegebenem Potenzwert a und gegebenem Exponenten n nach der Basis b , also $b = \sqrt[n]{a}$. Die Zahl a ist der Radikand, n der Wurzelexponent und b der Wurzelwert.

Während z. B. $\sqrt[3]{49}$ (bei Quadratwurzeln läßt man den Wurzelexponenten weg) eine rationale Zahl ist, nämlich gleich 7, ist $\sqrt{2}$ ein unendlicher nichtperiodischer Dezimalbruch: $\sqrt{2} = 1,41421 \dots$, also eine **irrationale** Zahl. Das Wurzelziehen führt also über den Bereich der rationalen Zahlen hinaus.

Die Quadratwurzel aus einer Zahl ist **doppeltdeutig**, d. h., sie kann positives oder negatives Vorzeichen haben. Es ist z. B. $\sqrt[3]{49}$ sowohl gleich $+7$ als auch gleich -7 ; denn es gilt $(+7)^3 = (-7)^3 = 49$. Dagegen ist $\sqrt[3]{64} = +4$ und $\sqrt[3]{-64} = -4$; die Lösungen sind **eindeutig**. Allgemein gilt: Im Bereich der reellen Zahlen ist eine W. mit geradem Exponenten aus einer positiven Zahl doppeltdeutig, eine W. mit ungeradem Exponenten aus einer positiven oder einer negativen Zahl eindeutig. Die W. aus einer negativen Zahl ist im Bereich der reellen Zahlen (rationale und irrationale Zahlen) nicht in jedem Falle angebar. Zum Beispiel gibt es keine reelle Zahl, deren zweite Potenz gleich -64 ist, d. h., $\sqrt{-64}$ ist im Bereich der reellen Zahlen unlösbar. Dasselbe gilt für jede W. mit geradem Wurzelexponenten aus einer negativen Zahl. Die Quadratwurzeln aus negativen Zahlen bezeichnet man als **imaginäre Zahlen**. Man schreibt dafür $\sqrt{-64} = \sqrt{-1} \cdot \sqrt{64} = i \cdot \sqrt{64} = 8i$; $\sqrt{-1} = i$ (imaginäre Einheit). Dagegen ist die Kubik-

wurzel aus -64 , $\sqrt[3]{-64}$, eine reelle Zahl, nämlich gleich -4 ; denn es ist $(-4)^3 = -64$. Mit Hilfe der komplexen Zahlen ist es möglich, alle Werte einer W. zu finden. Allgemein gilt: Jede n -te W. aus einer Zahl hat n verschiedene Werte. Zum Beispiel für 1 sind die vier Wurzelwerte: $+1$, $+i$, -1 , $-i$.

Jede W. kann man als Potenz mit gebrochenem Exponenten schreiben: $\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$, $\sqrt[3]{5} = 5^{\frac{1}{3}}$, $\sqrt[5]{a^3} = a^{\frac{3}{5}}$.

Für das Rechnen mit W.n gelten demnach die Potenzgesetze (\rightarrow Potenz):

$$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \cdot b}, \quad \sqrt[3]{4} \cdot \sqrt[3]{16} = \sqrt[3]{64} = 4,$$

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}, \quad \sqrt[3]{324} : \sqrt[3]{12} = \sqrt[3]{\frac{324}{12}} =$$

$$\sqrt[3]{27} = 3, \quad \sqrt[n]{\sqrt[n]{a^m}} = \sqrt[n \cdot m]{a^m} = \sqrt[n]{a^{\frac{m}{n}}}.$$

Unter den W.n einer Gleichung $f(x) = 0$ versteht man die Lösungen dieser Gleichung, d. h. diejenigen Zahlen, die an Stelle der Unbekannten in die Gleichung eingesetzt, die Gleichung erfüllen.

Wüste, im weiteren Sinne ein Gebiet der Erde, das durch Pflanzenarmut oder -leere gekennzeichnet ist. Dies ist bei der **Trockenwüste**, der W. im engeren Sinne, bedingt durch Mangel an Wasser, bei der **Kälte-wüste** der subpolaren Gebiete und Hochgebirge durch Mangel an Wärme, bei der **Eiswüste** durch völlige Bedeckung mit Eis und Schnee.

Die Trockenwüste ist nicht völlig niederschlagsfrei; doch bleibt der Regen an manchen Stellen oft jahrelang aus. Dann allerdings kann er mit großer Gewalt auftreten, Schichtfluten bilden und beträchtliche Mengen Gesteinsschutt abtragen. Die täglichen Temperaturschwankungen sind in der W. außerordentlich groß. Infolgedessen ist auch der Austausch verschiedenen warmer Luft rege, und die Winde erreichen hohe Stärke sowie wegen des Vegetationsmangels große Wirkung. Sandwüsten sind häufig als große Dünengebiete entwickelt. Auch **Kieswüsten** und **Gesteinswüsten**, aus denen alles Feinmaterial ausgeblasen ist, sind weit verbreitet.

Xanthenfarbstoffe, Farbstoffe, die sich strukturell vom Xanthen ableiten lassen. Zu ihnen gehören z. B. Fluoreszein, Eosin und die Rhodaminfarbstoffe.

Xanthin, 2,6-Dihydroxypurin, $C_8H_8N_4O_2$, eine zu den Purinkörpern gehörige organische Verbindung. Im Tier- und Pflanzenreich kommt X. mit anderen Purinen gemeinsam vor, z. B. in Teeblättern, Blut, Harn, Leber und tierischen Exkrementen, aus denen es isoliert werden kann. Von besonderer Bedeutung sind die Xanthinderivate Koffein, Theobromin und Theophyllin.

Xanthogensäuren, $R-O-CS-SH$, die Sauerstoffester der Dithiokohlensäure H_2COS_2 . Sie sind meist unbeständige, schwach saure, ölige Flüssigkeiten. In Gegenwart wäßriger Säuren zerfallen sie in den ihr zugrunde liegenden Alkohol und Kohlendisulfid. Die Salze und Ester der X. heißen **Xanthogenate**; Kaliumäthyl-, Kaliumpropyl- und Kaliumzetylxanthogenat dienen z. B. als Flotationsmittel und Schädlingsbekämpfungsmittel. Zwischenprodukt bei der Herstellung von Viskose ist Natriumzellulosexanthogenat.

Xanthosiderit, \rightarrow Limonit.

Xe, Symbol für \rightarrow Xenon.

XE, Kurzz. für \rightarrow X-Einheit.

X-Einheit, Kurzz. **XE**, nicht gesetzliche Einheit der Länge in der Röntgenspektroskopie. Die X-E. ist der 3029,45te Teil der Gitterkonstanten des Kalkspats bei 18 °C (Siegbahn'sche X-Einheit). 1 XE = $1,00202 \cdot 10^{-10}$ m. Früher war die X-E. definiert als der 2814te Teil der physikalischen Gitterkonstanten des Steinsalz-kristalls bei 18 °C ($= 2,814 \cdot 10^{-10}$ m).

xenomorph, \rightarrow Kristall.

Xenon, Symbol **Xe**, chemisches Element aus der 0. oder VIII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Edelgase; Ordnungszahl 54, Massenzahlen der Isotope 124, 126, 128 bis 132, 134 und 136, Atomgewicht 131,30 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit 0, D. 4,123 g cm $^{-3}$ (bezogen auf Sauerstoff = 1), F. $-111,8^\circ C$, Kp. $-108,1^\circ C$, Litergewicht 5,851 p bei 0 °C und 760 Torr, kritische Temperatur $+16,6^\circ C$, kritischer Druck 58,2 atm; 1898 von Ramsay entdeckt. Das farblose Edelgas ist chemisch sehr reaktionsträge. Erst in letzter Zeit gelang es, stabile Verbindungen, z. B. einige Xenonfluoride, Xenonhydroxid, Xenontrioxid, Xenonsäure und einige Xenate, zu erhalten. X. kommt hauptsächlich in der Atmosphäre, ferner in Spuren in einigen Erd-, Quell- und Grubengasen vor. Es wird heute im Gemisch mit Krypton großtechnisch entweder als Hauptprodukt aus der Luft oder durch Anreicherung in Großanlagen zur Gewinnung von Sauerstoff hergestellt. X. dient als Füllgas für Glühlampen (häufig im Gemisch mit Krypton), für Gasentladungslampen (Xenon-Hochdrucklampen), für Geigerzählrohre und in flüssigem

Y Z

Zustand zur Füllung von Xenon-Blaskammern. Ferner wird X. in der Narkosetechnik verwendet. **Xenonlampe**, → Edelgaslampe.

Xerogel, → Gel.

Xerographie, ein elektrostatisches Trocken-druck- oder elektrophotographisches Verfahren. Es beruht auf der lichtelektrischen Leitfähigkeit von Selen, Anthrazen u. a. Halbleitern, die in gereinigter Form und in dünner Schicht auf eine Metallplatte (vor allem Leichtmetall) aufgedampft und elektrostatisch aufgeladen werden. Diese Platte wird zusammen mit der Vorlage belichtet. An von Licht getroffenen Stellen geht die ursprüngliche Aufladung zurück; Schattenpartien oder Stellen, die nicht vom Licht getroffen wurden, behalten ihre ursprüngliche Aufladung bei. Es entsteht also zunächst ein latentes (unsichtbares) elektrisches Bild. Dieses wird durch Aufstreuen von Kunstharzpulver sichtbar gemacht, das nur an den unbelichteten, also noch aufgeladenen Stellen haftet. Das entstehende Staubbild ist ein Positiv, das auf die zu bedruckende Fläche, die ebenfalls (aber mit einem größeren Potential) elektrisch aufgeladen ist, übertragen und dort durch Infrarotbestrahlung oder durch Einwirkung von Lösungsmitteldämpfen festgeschmolzen wird. Die X. war ursprünglich nur zur Vervielfältigung gedacht. Heute wird sie verstärkt zur Herstellung von Druckformen für den Flachdruck angewendet. Auflagen bis zu 10 000 Drucken können billig und schnell auf normalen Offsetmaschinen gedruckt werden; die Kopie und das Bearbeiten der Platten nehmen etwa 3 Minuten in Anspruch. Ein weiterer Vorteil ist, daß viele beliebig geformte Flächen (Papier, keramische Gegenstände, Stahlteile u. a.) bedruckt werden können.

Xerophthol, Vitamin A, → Vitamine.

X-Strahlung, svw. → Röntgenstrahlung.

Xylenole, Dimethylphenole, Hydroxyxylole, $(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})$, farblose, kristalline Verbindungen, die aus Steinkohlen- und Holzteer isoliert werden. Man verwendet die X. vor allem zur Herstellung von Insektiziden, Herbiziden, Indikatorfarbstoffen und Phenolharzen sowie als Desinfektionsmittel.

Xylidine, → Xylole.

Xylit, holzige Substanz, die sich als Lage oder Einschuß in Weichbraunkohle findet, kann nach maschineller Zerkleinerung und Mischen mit mineralischen und organischen Bindemitteln zu Leichtbauplatten verarbeitet werden.

Xylole, Dimethylbenzole, $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$, die drei isomeren Derivate des Benzols: o-Xylol (farblose Flüssigkeit, Kp. 144,4 °C), m-Xylol (farblose Flüssigkeit, Kp. 139 °C) und p-Xylol (farblose Kristalle, F. 13 °C). Rohstoffquellen für X. sind Erdöl und Kohle. Man verwendet X. als Lösungsmittel für Fette, Öle, Kunstharze u. a., als Verdünnungsmittel sowie als Zusatz zu Benzenen. Ferner sind X. Ausgangsprodukte wichtiger organischer Verbindungen, z. B. für Phthalsäureanhydrid, Terephthalsäure und die Xylidine (Aminoxylole), die besonders für die Farbstoffindustrie Bedeutung haben.

D-Xylose, Holzzucker, $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$, eine sehr süß schmeckende, kristalline Aldopentose (→ Kohlenhydrate). D-X. kommt z. B. in Holz, Stroh und Kleie sowie in Hemizellulosen und Pflanzen-gummi vor, aus denen sie durch Hydrolyse gewonnen wird.

Y, Symbol für → Yttrium.

Yacht, svw. → Jacht.

Yb, Symbol für → Ytterbium.

Yperit, richtiger Schwefel-Yperit (nach der Stadt Ypern, wo im I. Weltkrieg der erste Ein-

satz erfolgte), **Lost** (Abk. der Namen Lommel und Steinkopf), **Schwefelost**, **Mustardgas**, **Senf-gas**, Deckbezeichnung für den chemischen Kampfstoff Dichlordiäthylsulfid. Y. ist noch heute das gefährlichste Hautgift, es wirkt zusätzlich als Stoffwechselgift (Leberschäden) und verursacht unter Umständen psychische Störungen. Entgiftungsmittel sind Chloramine (für die Haut) und Chlorkalk (für technische Gegenstände und für Gelände).

Ytterbium, Symbol Yb, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 70, Massenzahlen der Isotope 168, 170 bis 174, 176, Atomgewicht 173,04 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, seltener II, D. 6,977 g cm⁻³, F. 824 °C, Kp. 1427 °C; 1878 von Marignac entdeckt. Y. ist grau und findet sich in der Natur in Form von Verbindungen, meist als Phosphat oder Silikat, gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen, besonders mit Yttrium. Man verwendet Y. nur in Form von → Zer-Mischmetall.

Yttererde, → Seltenerdmetalle

Yttrium, Symbol Y, chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, Seltenerdmetall, Reinelement, Leichtmetall; Ordnungszahl 39, Atomgewicht 88,905 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, D. 4,478 g cm⁻³, F. 1500 °C, Kp. 2927 °C; 1794 von Gadolin entdeckt. Y. ist eisengrau und etwas härter als Magnesium. Es kommt in Form von Verbindungen gemeinsam mit anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Verwendet wird Y. in reiner Form oder in Form von → Zer-Mischmetall. Y. verbessert vor allem die Korrosionsfestigkeit bei hohen Temperaturen und die Verformbarkeit. Große Bedeutung wird Y. gegebenenfalls als Werkstoff für den Flugzeug- und Raketenbau haben, da es — mit Aluminium legiert — etwa halb so leicht, aber fast so fest wie Stahl ist. Künstlich hergestellte radioaktive Isotope des Y.s werden in der Medizin zur Strahlentherapie verwendet. Yttriumoxid Y_2O_3 dient zur Herstellung von Spezialgläsern und -keramiken sowie von Yttrium-Eisen-Oxidkristallen für elektronische Steuergeräte, die im Mikrowellenbereich arbeiten.

Yukonen, → Mesonen.

Z, 1) Abk. für → Ordnungszahl. 2) Z, Zeichen für → Wellenwiderstand. 3) Z, Zeichen für → Wechselstromwiderstand.

Zackenschrift, → Lichttonverfahren.

Zähigkeit, 1) Festigkeitslehre: die Eigenschaft eines Werkstoffes, sich unter Einwirkung äußerer Kräfte plastisch zu verformen. Dabei tritt eine Verfestigung ein. Zur weiteren Verformung sind dann höhere Kräfte erforderlich, die so lange ansteigen können, bis die Trennfestigkeit oder technische Kohäsion überwunden wird und der Werkstoff bricht. Bei spröden Werkstoffen tritt der Bruch ohne wesentliche vorherige Verformung ein, wenn die äußeren Kräfte größer als die Trennfestigkeit sind. Ausgesprochen spröde Werkstoffe sind z. B. Glas und Gußeisen. Z. und Sprödigkeit sind Eigenschaften, die in vielen Fällen nicht nur vom Werkstoff abhängen, sondern auch von den Beanspruchungsbedingungen. So steigt der Widerstand gegen bleibende Verformung durch größere Verformungsgeschwindigkeit oder bei niedrigeren Temperaturen vielfach an, und die Z. wird geringer. Auch die Gestalt des Werkstückes oder der Probe haben großen Ein-

fluß. An vorhandenen Kerben bildet sich z. B. ein mehrachsiger Spannungszustand aus. Dadurch wird die Z. ebenfalls herabgesetzt. Um verschiedene Werkstoffe bezüglich ihrer Z. vergleichen zu können, sind deshalb gleiche Beanspruchungsbedingungen einzuhalten. Sehr häufig wird der → Kerbschlagbiegeversuch vorgenommen.

2) Physik: svw. → Viskosität.

Zahl, einer der grundlegenden Begriffe der Mathematik. Der moderne abstrakte Zahlbegriff bildete sich im Laufe eines jahrtausendelangen Prozesses heraus. Seine Wurzeln gehen auf sehr frühe Entwicklungsstufen der menschlichen Gesellschaft zurück. Die ersten Z.en, die aus dem Bedürfnis heraus, Dinge zu zählen, entstanden, waren die **natürlichen (ganzen positiven) Z.en** 1, 2, 3 ... Sie bilden die Grundlage, auf der alle anderen Zahlenbereiche aufgebaut werden können. Zur axiomatischen Grundlegung der Theorie der natürlichen Z.en dienen die *Peanoschen Axiome* (benannt nach dem italienischen Mathematiker und Logiker Peano, der dieses Axiomensystem 1891 aufgestellt hat): 1) 1 ist eine natürliche Z. 2) Zu jeder natürlichen Z. n gibt es genau eine weitere natürliche Z. n' , die man den *Nachfolger* von n nennt. 3) Es ist stets $n' \neq 1$. 4) Aus $n' = m'$ folgt $n = m$. 5) Jede Menge M von natürlichen Z.en, die die Zahl 1 enthält und mit jeder Zahl n auch ihren Nachfolger n' , enthält alle natürlichen Z.en.

Eine Erweiterung des Bereiches der natürlichen Z.en erfolgte bereits im frühen Altertum (etwa 2000 v. u. Z.) durch die Einführung der **gebrochenen Z.en (Brüche)**. Sie entstanden infolge der Notwendigkeit, Größen zu messen, die nicht als ganzzahlige Vielfache der zugrunde gelegten Maßeinheit ausgedrückt werden konnten. Erst wesentlich später wurden die **negativen Z.en** eingeführt (im 17. Jh. fanden sie endgültige Anerkennung).

Im Bereich der natürlichen Z.en ist die Subtraktion nicht immer ausführbar (z. B. ist $3 - 8$ keine natürliche Z.). Durch Hinzufügen der negativen Z.en $-1, -2, -3, \dots$ und der Null wird die Gesamtheit der natürlichen Z.en zum Bereich der **ganzen Z.en** erweitert. In ihm ist die Subtraktion, die Umkehrung der Addition, unbeschränkt ausführbar, ebenso die Multiplikation (die ganzen Z.en bilden demnach einen Ring), jedoch nicht deren Umkehrung, die Division. Diese Tatsache gibt Anlaß zu einer abermaligen Erweiterung des Zahlenbereiches: Durch Hinzunahme der gebrochenen Zahlen, der Brüche, gelangt man zu dem (die ganzen Z.en enthaltenden) Bereich der **rationalen Z.en**. In ihm ist auch die Division (außer durch Null) stets ausführbar. Jede rationale Z. kann man als Quotient zweier ganzer Z.en darstellen (jedoch nicht in eindeutiger Weise, denn es ist z. B. $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$).

Die rationalen Z.en bilden einen → Körper. Jede rationale Z. läßt sich mit Hilfe der rationalen Rechenoperationen (Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division) aus der natürlichen Z. 1 gewinnen. Bei Anwendung rationaler Rechenoperationen (Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division) auf rationale Z.en erhält man stets wieder rationale Z.en. Aber auch der Bereich der rationalen Z.en erwies sich als nicht ausreichend für die Praxis. Dies zeigte sich in der Geometrie bereits im Altertum durch die Existenz inkommensurabler Strecken und in der Arithmetik dadurch, daß im Bereich der rationalen Z.en die Quadratwurzeln aus positiven Z.en nicht immer angebar sind (z. B. ist $\sqrt{2}$ keine rationale Z.). Der Zahlenbegriff erfuhr abermals eine Erweiterung: die **irrationalen Z.en**. Zusammen mit den rationalen Z.en bilden sie den Be-

reich der **reellen Z.en**. Durch die Einführung der Dezimalbrüche im 16. Jh. und die Entwicklung der Infinitesimalrechnung im 17. und 18. Jh. rückten die reellen Z.en in den Mittelpunkt eingehender Betrachtungen, nachdem ihr Wesen bereits wesentlich früher erkannt wurde. Ihre exakte Begründung erhielt die Theorie der reellen Z.en in der zweiten Hälfte des 19. Jh.s durch Dedekind, Cantor und Weierstraß (z. B. der Dedekindsche Schnitt). Die reellen Z.en kann man umkehrbar eindeutig auf die Punkte einer Geraden (**Zahlengeraden**) abbilden, d. h., jeder reellen Z. entspricht ein Punkt der Zahlengeraden und umgekehrt jedem Punkt der Zahlengeraden eine reelle Z. Die reellen Z.en bilden ebenso wie die rationalen Z.en einen Körper. Als unendliche Dezimalzahlen geschrieben, sind die irrationalen Z.en im Gegensatz zu den rationalen keine periodischen Dezimalbrüche (→ Dezimalbruch).

Die Erweiterung des Bereiches der natürlichen Z.en zu dem der ganzen Z.en, der rationalen und schließlich der reellen Z.en geschieht jeweils so, daß der neue Zahlenbereich den vorangehenden als Teilbereich enthält, die hinzugekommenen Elemente den Grundgesetzen der Arithmetik genügen (wodurch erst die Bezeichnung als negative, gebrochene und irrationale „Zahlen“ ihre Berechtigung erhält) und im umfassenderen Bereich jeweils eine weitere Operation ausführbar ist, die im vorangehenden gar nicht oder nicht unbeschränkt ausführbar ist. Den gleichen Prinzipien folgt man bei der Einführung der **komplexen Z.en**, die eine Erweiterung der reellen Z.en darstellen. Die komplexen Z.en sind geordnete Paare (a, b) von reellen Z.en a und b , für die eine Addition und eine Multiplikation durch die Gleichungen $(a, b) + (a', b') = (a + a', b + b')$; $(a, b) \cdot (a', b') = (aa' - bb', ab' + ba')$ erklärt ist. Die auf diese Weise definierten Z.en genügen den Grundgesetzen der Arithmetik; sie bilden also einen neuen Zahlenbereich (den Körper der komplexen Z.en), der die reellen Z.en als Teilmenge enthält, wenn man die reelle Z. a , als komplexe Z. aufgefaßt, durch $(a, 0)$ bezeichnet. Die komplexe Z. (a, b) schreibt man gewöhnlich in der Form $a + bi$. Dabei ist $i = \sqrt{-1}$ die **imaginäre Einheit**. Die reelle Z. a heißt der **Realteil**, die reelle Z. b der **Imaginärteil** der komplexen Z. $a + bi$. Eine komplexe Z. mit einem von Null verschiedenen Imaginärteil nennt man **imaginäre Z.**: sie heißt rein imaginär, wenn außerdem noch der Realteil gleich Null ist. Zur geometrischen Darstellung der komplexen Z.en dient die → Zahlenebene von Gauß. Auf komplexe Z.en war man bereits im Altertum bei der Lösung quadratischer Gleichungen gestoßen. So wird z. B. die Gleichung $x^2 + 2 = 0$ durch keine reelle Z. befriedigt. Sie besitzt die Lösungen $x_1 = \sqrt{-2} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{-1} = \sqrt{2} \cdot i$ und $x_2 = -\sqrt{2} \cdot i$, also komplexe Lösungen. Die italienischen Mathematiker des 16. Jh.s rechneten mit den komplexen Z.en wie mit den reellen, bezeichneten sie aber als „imaginäre“, „eingebildete“ Z.en. Allgemeine Anerkennung fanden die komplexen Z.en erst zu Beginn des 19. Jh.s (insbesondere durch die Arbeiten von Gauß 1831). Im Bereich der komplexen Z.en ist die Operation des Wurzelziehens (auch bei negativen Radikanden) unbeschränkt ausführbar.

Ist eine Z. Lösung einer algebraischen Gleichung mit ganzen rationalen Z.en als Koeffizienten, so bezeichnet man sie als **algebraische Z.** Jede ratio-

nale Z. $\frac{a}{b}$ (a, b ganze Z.en) ist algebraisch (denn sie ist Lösung der Gleichung $bx - a = 0$). Für die reellen Z.en gilt das nicht. Die nicht algebraischen reellen Z.en nennt man **transzendente Z.en**. Zu ihnen gehören z. B. die Z. $\rightarrow e$ und die

Zahlenebene von Gauß

Zahl \rightarrow π (π) sowie die Logarithmen der meisten rationalen \mathbb{Z} -en und mit wenigen Ausnahmen die Werte der Winkelfunktionen.

Die natürlichen \mathbb{Z} -en haben im Grunde zwei Funktionen. Einmal dienen sie zur Bezeichnung der *Anzahl* der Elemente einer Menge, zum anderen zur Bezeichnung der *Stelle*, die ein Element in einer geordneten Menge einnimmt. In ihrer ersten Eigenschaft bezeichnet man sie als **Kardinalzahlen** (**Grundzahlen**), in der zweiten als **Ordinalzahlen** (**Ordnungszahlen**). Der wesentliche Unterschied zwischen beiden tritt bei der Betrachtung unendlicher Mengen in Erscheinung. In der Mengenlehre sagt man von zwei untereinander äquivalenten Mengen, daß sie dieselbe Kardinalzahl besitzen. Zwei einander ähnliche wohlgeordnete Mengen haben die gleiche Ordinalzahl. Bei endlichen Mengen stimmen Kardinalzahl und Ordinalzahl überein.

Mit der Entstehung der Schrift begann auch die Entwicklung der Bezeichnungssysteme für die \mathbb{Z} -en, d. h. der Darstellung der \mathbb{Z} -en durch **Zahlzeichen**. Die Gesamtheit der dabei verwendeten Zahlzeichen zusammen mit den Regeln über ihre Anordnung und Gruppierung zur Darstellung der \mathbb{Z} -en bezeichnet man als **Zahlensystem**. Das heute allgemein verbreitete dekadische Zahlensystem (\rightarrow Dezimalsystem) verwendet als Zahlzeichen die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 0. Es ist ein **Positionssystem** (\rightarrow Stellenwertsystem): außer auf ihren Zahlenwert (Nennwert) kommt es dabei auf die Stellung der Ziffern im Schriftbild der \mathbb{Z} -en an. Dem dekadischen Zahlensystem (Grundzahl 10) liegt die eindeutige Darstellung jeder natürlichen \mathbb{Z} -en m in der Form $m = a_n \cdot 10^n + a_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \dots + a_1 \cdot 10^1 + a_0 \cdot 10^0$ zugrunde. Dies führt zu der Schreibweise $m = a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0$; z. B. $1967 = 1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0$. Je nach der Anzahl der Einheiten, die zu einer höheren Einheit zusammengefaßt werden, unterscheidet man die verschiedenen (positionellen) Zahlensysteme. Beim \rightarrow Dualsystem (Grundzahl 2) kommt man mit zwei Zahlzeichen (0 und 1) aus. Die Babylonier verwendeten ein Sexagesimalsystem (Grundzahl 60). Das System der römischen \mathbb{Z} -en, bei dem sieben Zahlzeichen verwendet werden, ist ein nichtpositionelles Bezeichnungssystem (\rightarrow Ziffer). Das Ziffernprinzip geht auf die Ägypter zurück. Das Positionssystem wurde von den Babyloniern eingeführt.

Zahlenebene von Gauß, Gaußsche Zahlenebene, die graphische Darstellung der komplexen Zahlen in einer Ebene. Analog der umkehrbar eindeutigen Zuordnung der reellen Zahlen zu den Punkten der **Zahlengeraden** ist jeder komplexen Zahl eindeutig ein Punkt der \mathbb{Z} -en zugeordnet und umgekehrt. Dabei entspricht der komplexen Zahl $z = a + bi$ der Punkt P der \mathbb{Z} -en mit den rechtwinkligen (kartesischen) Koordinaten (a, b) , d. h. mit der Abszisse a und der Ordinate b . An Stelle des Punktes $P(a, b)$ kann man der komplexen Zahl $a + bi$ auch umkehrbar eindeutig den Vektor \vec{OP} mit dem Anfangspunkt im Nullpunkt des Koordinatensystems und dem Endpunkt $P(a, b)$ zuordnen. Die Länge des Vektors, sein absoluter Betrag oder Modul, ist dann gleich dem Absolutbetrag $r = |a + bi| = \sqrt{a^2 + b^2}$ der komplexen Zahl $a + bi$, seine Richtung gegen die positive x -Achse wird durch das **Argument** φ von $a + bi$ angegeben. Zwischen a , b , r und φ besteht der Zusammenhang

$$a = r \cos \varphi, b = r \sin \varphi \\ r = \sqrt{a^2 + b^2}, \tan \varphi = \frac{b}{a} \text{ bzw. } \varphi = \arctan \frac{b}{a}.$$

Die daraus sich ergebende Darstellung

$$a + bi = r (\cos \varphi + i \sin \varphi)$$

nennt man die **trigonometrische Form** der komplexen Zahl $a + bi$.

Die allen komplexen Zahlen mit dem gleichen Betrag r zugeordneten Punkte liegen auf dem Kreis um den Nullpunkt mit dem Radius r .

Zahlentheorie, ein Teilgebiet der Mathematik. Die **elementare \mathbb{Z} -en** befaßt sich mit den Eigenschaften und gegenseitigen Beziehungen der natürlichen Zahlen. Sie geht bei ihren Untersuchungen aus von den Teilbarkeitseigenschaften der natürlichen (positiven ganzen) Zahlen und allen damit zusammenhängenden Problemkreisen, z. B. Kongruenz, Darstellbarkeit der natürlichen Zahlen als Produkt von Primzahlen, Lehre von der Verteilung der Primzahlen u. ä. Die **höhere \mathbb{Z} -en** untersucht die Eigenschaften der ganzen algebraischen Zahlen. Die zahlentheoretischen Begriffsbildungen und Methoden entstammen in erster Linie der Arithmetik und der Algebra, daneben spielen jedoch in der modernen \mathbb{Z} -en die Hilfsmittel der Differential- und Integralrechnung sowie der Funktionentheorie eine wichtige Rolle. Man spricht deshalb auch von **analytischer \mathbb{Z} -en**.

Lit. Dekeid: Über die Theorie der ganzen algebraischen Zahlen (Berlin 1964); Hasse: \mathbb{Z} -en (2. Aufl. Berlin 1965); Holzer: \mathbb{Z} -en, 3. Teil (Leipzig 1958–65); Neiss: Einführung in die \mathbb{Z} -en (Leipzig 1952); Winogradow: Elemente der \mathbb{Z} -en (dtsch. Berlin 1955).

Zahlenwert, auch **Maßzahl** genannt, eine Zahl, die das Verhältnis einer physikalischen Größe zu ihrer Einheit angibt, oder die Zahl, mit der die Einheit multipliziert werden muß, damit man die Größe erhält: Größe = Zahlenwert mal Einheit. Wählt man eine n -mal so große Einheit, so verringert sich der \mathbb{Z} -en auf seinen n -ten Teil, denn das Produkt \mathbb{Z} -en mal Einheit ist konstant, d. h., der Zahlenwert ist abhängig von der benutzten Einheit. So sind 16 N (Newton) = 1,632 kp (Kilopond). **Zahlenwertgleichungen** werden in der Physik benutzt, um rein rechnerische Ergebnisse zu erhalten. Setzt man in der Größengleichung $v = l/t$ (v = Geschwindigkeit, l = Länge, t = Zeit) $l = 25$ m und $t = 3$ s, so lautet die Zahlenwertgleichung $v = 25/3$.

Zähler, 1) Mathematik: \rightarrow Bruch.

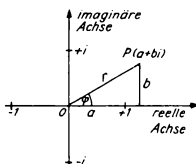
2) Feinmechanik: ein Gerät zum selbsttätigen Zählen von Stückzahlen, z. B. bei automatischen Werkzeug- oder Verpackungsmaschinen, von Längen oder zurückgelegten Wegstrecken (Kilometerzähler) oder zum Zählen des Verbrauchs von Mengen und Volumen (Elektrizitätszähler, Gaszähler, Wassermesser). Der \mathbb{Z} -en besteht im Prinzip aus einem mechanischen, elektrischen, bei schnellverlaufenden Vorgängen auch elektronischen Meßgerät, dessen fortlaufende Messungen auf ein Zählwerk übertragen werden.

Zahlkörper, eine Menge von reellen oder komplexen Zahlen, die mit zwei Zahlen a und b auch deren Summe $a + b$, die Differenz $a - b$, das Produkt $a \cdot b$ und (für $b \neq 0$) den Quotienten $\frac{a}{b}$ enthält, d. h., die Rechenarten Addition,

Subtraktion, Multiplikation und Division zweier Elemente der Menge führen nicht aus der Menge heraus. Beispiele: Die Menge aller rationalen Zahlen, die Menge aller reellen Zahlen, die Menge aller komplexen Zahlen der Form $a + b \cdot \sqrt{3}$ (a und b rationale Zahlen). Dagegen bildet die Menge aller ganzen Zahlen keinen \mathbb{Z} -en, da in ihr die Division nicht unbeschränkt ausführbar ist.

Zählrohr, \rightarrow Geiger-Müller-Zählrohr, \rightarrow Proportionalzählrohr.

Zählrohrteleskop, eine spezielle Anordnung von Zählrohren. Das \mathbb{Z} -en wird z. B. zur Ausblendung von kosmischer Strahlung, die unter einem bestimmten Winkel untersucht werden soll, eingesetzt. Zur Unterdrückung störender Untergrundstrahlung werden die Zählrohre des \mathbb{Z} -en oft in besonderen Schaltungen betrieben (\rightarrow Koinzidenz). Andere Nachweisgeräte für Strahlung, z. B. Szintillationszähler, können ebenfalls zu Teleskopen vereinigt werden.



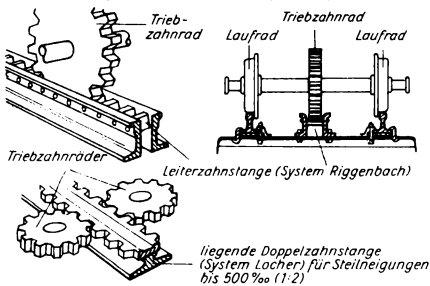
Darstellung einer komplexen Zahl $a + bi$ in der Gaußschen Zahlenebene

Zählwerk, das Zählorgan eines Zählers oder einer Rechenmaschine, das die Anzahl der Umdrehungen einer Welle (Umdrehungszählwerk) oder die Anzahl der Hin- und Hergänge eines Schwinghebels (Hubzählwerk) zählt. Welle oder Schwinghebel übertragen den zu zählenden Vorgang auf mehrere neben- oder hintereinanderliegende Zahnräder, die Zeiger, Ziffernscheiben oder Ziffernrollen tragen. Bei dezimalen Z.n. wird bei einer vollen Umdrehung des einen Rades das nächste Rad um eine Zehnteldrehung weitergedreht. Das Weiterschalten geschieht kontinuierlich (alle Zahnräder laufen gleichzeitig) oder springend (nach einer Umdrehung des einen Rades springt das nächste eine Zehnteldrehung weiter).

Zahnrad, ein Maschinenelement zur Übertragung von Drehbewegungen von einer Welle auf eine andere mit dem Ziel, eine bestimmte Übersetzung zu erreichen. **Stirnräder** übertragen die Drehbewegung zwischen parallelen Wellen, **Schraubenräder** zwischen einander kreuzenden, **Kegelräder** zwischen einander schneidenden Wellen. Schrägverzahnung für Stirnräder (bei entgegengesetzter Steigung als **Pfeilräder** ausgebildet) und Bogenverzahnung für Kegelräder sichern ruhigeren Lauf und gleichmäßigere Kraftübertragung. Die Zahnflanken sind nach Evolventen (\rightarrow Evolute) gekrümmt. Herstellung der Zahnräder erfolgte ursprünglich nur im Rohguß, dann im Einzelteilverfahren auf Schleif- oder Fräsmaschinen, heute allgemein auf Abwälzmaschinen, die das richtige Evolventenprofil zwangsläufig erzeugen. Die Drehzahlen zweier Zahnräder verhalten sich zueinander umgekehrt wie die Zähnezahlen. (Abb.)

Lit. Gollisch: Die Ermittlung der Kegelradabmessung (Leipzig 1951); Richtlinien für die Konstruktion von Getrieben, Zahnrädern und Lagern (Berlin 1953); Schreier: Stirnrad-Verzahnungen (Berlin 1961); Zirk: Zahnräder (6. Aufl. Leipzig 1967).

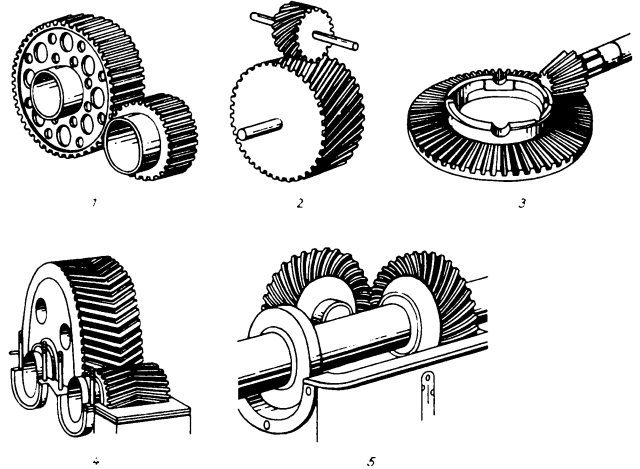
Zahnradbahn, eine Schienenbahn mit zusätzlichem Zahnradtrieb für besonders große Steigungen (\rightarrow Bergbahn). Bei den meisten Z.n. ist zwischen den Schienen eine Zahnstange verlegt oder ein Triebstock, bestehend aus zwei parallelen, senkrechtstehenden Flacheisen, zwischen denen in gleicher Teilung Bolzen befestigt sind. In die Zahnstange oder den Triebstock greifen von oben ein oder mehrere Zahnräder der Lokomotive (bei Bergfahrt immer Schiebelokomotive) ein. Stehen die Elemente des Zahnradtriebes, die Zahnstange oder der Triebstock und das eingreifende Zahnrad (Ritzel), senkrecht,



Zahnradbahn. Oben links: Leiterzahnstange, oben rechts: Anordnung der Leiterzahnstange, unten: Doppelzahnstange

so spricht man von **vertikalem Zahnradtrieb**. Sind die Elemente horizontal angeordnet, so spricht man von **horizontalem Zahnradtrieb**. Zur Übertragung größerer Belastungen bei größeren Steigungen werden Doppelzahnstangen (zwei Zahnstangen, in die je ein Zahnrad eingreift) angewendet. Das Zahnrad wird durch das Kurbelgetriebe der Lokomotive angetrieben, die Loko-

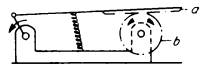
motivräder laufen ohne Antrieb auf den Laufschienen. Bei vertikalem Zahnradtrieb können Steigungen bis 250‰ , bei horizontalem Zahnradtrieb bis 500‰ überwunden werden. Z.n. mit vertikalem Zahnradtrieb sind die mittlere Teilstrecke der Zugspeitzbahn, die Rigibahn, die Jungfraubahn, die Wengeralpbahn und die Gornergratbahn, mit horizontalem Zahnradtrieb z. B. die Pilatusbahn am Vierwaldstätter See.



Zahnräder: 1 Stirnräder, 2 Schraubenräder, 3 Kegelräder, 4 Pfeilräder, 5 bogenverzahnte Kegelräder

Z.n. haben meist elektrischen Antrieb. Die Fahrzeuge von Z.n. sind meist der Steigung entsprechend stufenförmig ausgebildet. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 6 bis 18 km/h.

Zahnstangenkurbeltrieb, eine spezielle Form von Räderkurbelgetrieben (\rightarrow Rädergetriebe), bei der ein Zahnrad zur Geraden (Zahnstange) wird. Der Z. formt eine gleichförmige Drehbewegung (Antrieb) in eine Schwingbewegung mit großem Schwingwinkel um. Er wird bei gefordertem großem Schwingwinkel verwendet, z. B. als Scheibenwischer- und Waschmaschinenantrieb.



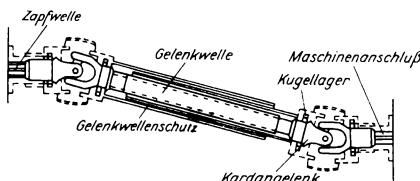
Kraftschlüssiger Zahnstangenkurbeltrieb. a Zahnstange, b Zahnrad

Zange, in der Fördertechnik \rightarrow Lastaufnahmemittel.

Zapfen, 1) zugearbeitete Holzenden zur Herstellung von \rightarrow Holzverbindungen.

2) diejenigen Teile von Achsen und Wellen, mit denen diese gelagert werden. Sie sind als Umdrehungskörper (Zylinder, Kegel oder Kugel) ausgebildet.

Zapfwelle, eine durch den Motor eines Fahrzeuges, vor allem eines \rightarrow Traktors, in Drehung versetzte Welle. Die Z. ermöglicht über eine Gelenkwelle den Antrieb von angehängten oder angebauten Maschinen. Sie ragt gewöhnlich aus der hinteren Getriebewand heraus. Man unterscheidet mehrere Arten. 1) Bei der **Motorzapfwelle** wird der Antrieb vom Motor direkt und unabhängig von der Fahrzeugkupplung abgenommen; die Z. dreht sich also auch, wenn die Fahrzeug-



Zapfwellenanschluß (schematisch)

kupplung ausgerückt ist. 2) Bei der **Getriebezapfwelle** wird der Antrieb nach der Fahrkupplung von der Antriebswelle des Wechselgetriebes abgezweigt; die Z. dreht sich also nur dann, wenn die Fahrkupplung eingerückt ist. 3) Bei der **Wegzapfwelle** wird der Antrieb hinter dem Wechselgetriebe abgezweigt; die Z. dreht sich gewöhnlich nur, wenn sich die Triebäder des Traktors drehen, d. h. bei eingerückter Fahrkupplung und eingeschaltetem Gang; die Drehrichtung ist bei Vorwärts- und Rückwärtsfahrt verschieden.

Zäsium, Cäsium, Symbol Cs, chemisches Element aus der I. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Alkalimetalle, ein Leichtmetall, Reinelement; Ordnungszahl 55, Atomgewicht 132,905 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, D. 1,87 g cm $^{-3}$, F. 28,45 °C, Kp. 708 °C; 1860 von Bunsen und Kirchhoff entdeckt. Z. ist goldgelb und wachweich, in seinen Verbindungen dem Kalium sehr ähnlich. Da es sich an feuchter Luft sofort mit einer Kruste von Zäsiumhydroxid CsOH, der stärksten bisher bekannten Base, überzieht, muß es unter Petroleum aufbewahrt werden. Es kommt nur in geringen Mengen in Verbindungen als Begleiter der anderen Alkalimetalle und in Mineralquellen vor. Für die Gewinnung kommen fast nur die Endlaugen der Kalisalzverarbeitung in Betracht, aus denen man Z. durch Karnallitkristallisation anreichert. Man erhält dann Z. durch Reduktion von Zäsiumhydroxid mit Magnesium im Wasserstoffstrom oder mit Kalzium im Vakuum. Z. wird hauptsächlich zur Herstellung von Photozellen verwendet, in Dampfform zur Füllung von Metallampfen, die sich dadurch besonders als Ultrarotstrahler eignen. In neuester Zeit wird das in Kernreaktoren künstlich erzeugte radioaktive Isotop ^{137}Cs in der Medizin verwendet (→ Gammatherapieeinrichtung).

Zäsiumkanone, → Gammatherapieeinrichtung.

Zechstein, → Perm.

Zeeman-Effekt, ein von dem niederländischen Physiker Lorentz 1895 auf Grund seiner Elektromagnettheorie vermuteter, von seinem Mitarbeiter, dem Physiker Zeeman, ein Jahr später experimentell nachgewiesener Effekt. Der Z.-E. besagt, daß die Spektrallinien aufgespalten werden, wenn die aussendende Lichtquelle in ein Magnetfeld gebracht wird.

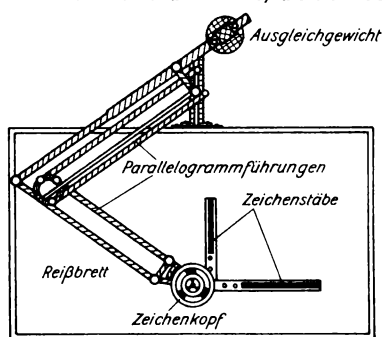
Die Aufspaltung der Spektrallinien bedeutet: Aus einer einzelnen Spektrallinie bestimmter Wellenlänge entstehen drei oder mehr Linien (Komponenten) von etwas verschiedener Wellenlänge bzw. Frequenz. In einigen Fällen entstehen drei Komponenten, wobei die mittlere die Frequenz der ursprünglichen Linie hat, während sich die beiden anderen Komponenten auf beiden Seiten im gleichen Frequenzabstand befinden. Dieser Fall wird **normaler Z.-E.** genannt. Die Ursache der Aufspaltung ist eine Wechselwirkung der Elektronen der Atome mit dem magnetischen Außenfeld: Die umlaufenden Elektronen beschreiben infolge der durch das Magnetfeld hervorgerufenen Kraft eine Präzessionsbewegung ähnlich einem Kreisel im Felde der Schwerkraft. Die Frequenz der Präzession, die sich aus atomaren Konstanten berechnen läßt, ist gleich dem Frequenzunterschied der seitlichen Komponenten zur ursprünglichen Linie.

Meistens sind die Aufspaltungen jedoch kompliziert; man spricht dann vom **anormalen Z.-E.** Die Deutung erfordert tiefere Kenntnisse über den Atombau. In sehr starken Magnetfeldern kann sich die Linienaufspaltung wieder vereinfachen; diese Erscheinung heißt **Paschen-Back-Effekt**. Die Untersuchung und theoretische Deutung dieser Effekte, wie auch des → Stark-Effektes, haben wesentlich dazu beigetragen, unsere Kenntnisse über den Atombau zu ver-

tiefen. Sie sind außerdem ein Beweis für die Gültigkeit der modernen Quantenmechanik.

Zehneck, ein ebenes Vieleck mit zehn Seiten und Ecken. Teilt man den Radius eines Kreises stetig (nach dem → Goldenen Schnitt), so ist der größere Abschnitt der Teilung die Seite des einbeschriebenen regelmäßigen Zs.

Zeichenmaschine, ein Hilfsgerät beim technischen Zeichnen. Es ermöglicht genaueres und schnelleres Arbeiten als ein Reißbrett mit Reißschiene und Zeichendreiecken. Zwei rechtwinklig zueinander stehende Lineale, die Zeichenstäbe,



Zeichenmaschine

können mit Hilfe eines Parallelogrammenkers (→ Parallelführung) waagrecht, senkrecht oder schräg über die ganze Fläche des Reißbretts geführt werden. Durch Schwenken des Zeichenkopfes kann jeder beliebige Winkel eingestellt werden.

Zeichentrickfilm, → Filmtechnik, Abschn. 1 e.

Zeilensprungverfahren, → Fernsehen.

Zeit, eine Existenzform der Materie, in der alle Bewegungen der Materie erfolgen, alle materiellen Prozesse ablaufen. Zur Zeitmessung werden periodische Vorgänge mit konstanter Periodenlänge und gesicherter Reproduzierbarkeit benutzt, in der Astronomie die Rotationsperiode der Erde oder der Umlauf der Erde um die Sonne. Die Dauer einer vollen Erdumdrehung wird → Tag genannt, sie dient als Einheit der astronomischen Zeitmessung. Dabei unterscheidet man je nach Wahl des kulminierenden Gestirns den **Sterntag** und den (wahren) **Sonnentag**. Der Sonnentag ist länger als der Sterntag, da sich die Sonne während der Erdumdrehung auf ihrer scheinbaren Bahn weiterbewegt hat. Auf $366\frac{1}{4}$ Sterntage kommen daher im Laufe eines → Jahres nur $365\frac{1}{4}$ (mittlere) Sonnentage. Jeder Tag wird in 24 Stunden, jede Stunde in 60 Minuten und jede Minute in 60 Sekunden Sonnen- oder Sternzeit unterteilt. Da der wahre Sonnentag infolge der ungleichförmigen scheinbaren Bewegung der Sonne längs der Ekliptik kein konstantes Zeitmaß darstellt, nimmt man eine mittlere Sonne an, die sich längs des Himmelsäquators gleichförmig bewegt. Wegen der Schiefe der Ekliptik würde ein längs der Ekliptik gleichmäßig sich bewegend Körper dennoch kein gleichmäßiges Zeitmaß definieren. Die Differenz zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit wird **Zeitgleichung** genannt.

Wie sich aus Messungen mit Quarz- und Atomuhren (→ Uhren) ergab, ist die Rotation der Erde nicht völlig gleichförmig. Als gesetzliches Zeitmaß ist deshalb die **Sekunde** als der 31556925,9747te Teil des tropischen Jahres (→ Jahr) für 1900, Januar 0,12 Uhr Ephemeridenzeit festgelegt.

Zur genauen **astronomischen Zeitbestimmung** dient die Beobachtung der Kulmination von

Sternen. Mit der so ermittelten Sternzeit werden die → astronomischen Uhren kontrolliert. Entsprechend den astronomischen Uhren geben bestimmte Sender → Zeitzeichen.

Für die **bürgerliche Zeitrechnung** benutzt man den mittleren Sonnentag als Zeiteinheit. Als Beginn der Zeitzählung des Tages ist die untere Kulmination der mittleren Sonne festgelegt. Danach hat jeder Ort der Erde seine eigene Zeit, die **Ortszeit**.

Für die moderne Wirtschaft sind die vielen Ortszeiten ungünstig. Man faßt daher auf der Erde größere Zonen von etwa 15° Breite um einen Meridian zusammen und definiert für diese jeweils eine mittlere **Zonenzeit**. Diese Zonen haben im allgemeinen einen Zeitunterschied von jeweils 1 Stunde. Zum Beispiel gilt für die DDR, Westdeutschland und einige andere mitteleuropäische Länder die **Mitteleuropäische Zeit** (MEZ), d. h. die Zeit des 15. Meridians östlich von Greenwich. Die **Westeuropäische Zeit** (WEZ) richtet sich nach dem Meridian von Greenwich und gilt z. B. in Portugal und Irland. Für Großbritannien gilt seit dem 17. 2. 1968 die Mitteleuropäische Zeit (als British Standard Time), nicht mehr die WEZ. Die **Osteuropäische Zeit** (OEZ), d. h. die Zeit des 30. Meridians östlich von Greenwich, gilt unter anderem in Rumänien und Griechenland. Nach dem 45. Meridian östlich von Greenwich richtet sich die **Moskauer Zeit** (MOSKZ), die in den westlichen Teilen der UdSSR gültig ist.

Unter der Weltzeit versteht man die mittlere Zeit von Greenwich, englisch Greenwich Mean Time (abg. GMT); nach ihr werden die astronomischen Ereignisse festgelegt.

Zeitansager, ein Gerät, das durch den Fernsprecher nach dem Wählen einer bestimmten Nummer selbsttätig die Uhrzeit mitteilt. Bei Z. n. die nach dem **Lichttonverfahren** arbeiten, ist auf eine Trommel ein breites Filmband aufgewickelt, auf dem die Ansagen in Stunden und Minuten photographisch wie beim Tonfilm, d. h. in Form von Schwärzungstreifen, festgehalten sind. Je ein Lichtstrahl tastet die Stunden- und Minutenansage ab und fällt auf je eine Photozelle, wodurch die Helligkeitsschwankungen in Sprache umgesetzt werden. Nach Ablauf jeder Minute wird die Abtasteinrichtung durch eine elektrische Uhr verschoben, so daß der Lichtstrahl auf das Schriftband der nächsten Minute trifft. Der gleiche Vorgang wiederholt sich nach einer Stunde für die Stundenansage. Z., die nach dem **Magnettonverfahren** arbeiten, haben sich wegen des allzu großen Abriebs der Tonbänder beim Dauerbetrieb nicht bewährt.

Zeitdehneraufnahme, Zeitlupenaufnahme, die Aufnahme von Filmen mit stark erhöhter Bildfrequenz. Im Gegensatz zur normalen Aufnahmekamera wird bei der Zeitdehnerkamera der Film nicht ruckweise, sondern mit konstanter Geschwindigkeit am Bildfenster vorbeibewegt. Bei Bildfrequenzen bis zu etwa 10 000 Bildern/s erfolgt die Abbildung über Drehprismen oder rotierende Spiegel- oder Linsenkränze mit bis zu 120 Spiegeln (optischer Ausgleich). Für höchste Bildfrequenzen (bis 10⁶ Bilder/s und mehr) wird die → Hochfrequenzkinematographie angewendet. Der mit der Zeitdehnerkamera aufgenommene Film wird mit der normalen Bildfrequenz von 24 Bildern/s vorgeführt, wobei der Eindruck der Verlangsamung entsteht, so daß die Bewegung in ihren einzelnen Phasen beobachtet oder ausgewertet werden kann.

Die Z. wird zur Untersuchung sehr schnell verlaufender Vorgänge verwendet (Bewegungen bei sportlicher Tätigkeit, Ausbreitungserscheinungen bei Explosionsvorgängen, Messungen an Maschinen zum Erkennen besonderer kinematischer Vorgänge u. a., auch zur Erzielung

besonderer Wirkungen im Spielfilm). Gegensatz: → Zeitrafferaufnahme.

Zeitdehnung, → Lorentz-Transformation.

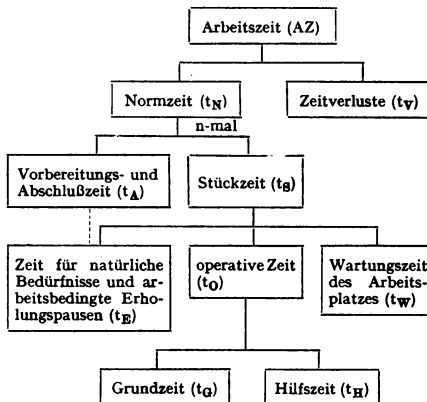
Zeitdilatation, → Lorentz-Transformation.

Zeitfestigkeit, → Dauerschwingfestigkeit.

Zeitgleichung, → Zeit.

Zeitgliederung in der Produktion, erfolgt nach TGL 2860-56. In dieser TGL ist eine systematische Erfassung aller Arbeitszeitaufwände nach einheitlichen Gliederungsgesichtspunkten und einheitlichen Begriffen festgelegt (Schema). Der hinter dem Kleinbuchstaben t folgende tiefgestellte Großbuchstabe weist auf eine Zeitkategorie hin. Der hinter dem Großbuchstaben folgende und mit diesem auf gleicher Höhe stehende Kleinbuchstabe gliedert die Zeitkategorie.

Man unterscheidet folgende Begriffe der Z.: Die **Arbeitszeit AZ** ist die zur Durchführung des Arbeitsumfanges erforderliche Dauer und setzt sich zusammen aus der Normzeit und den Zeitverlusten. Die **Normzeit t_N** ist die Zeit zur Durchführung eines Arbeitsauftrages. Sie besteht aus der Vorbereitungs- und Abschlußzeit und der Stückzeit. Die **Zeitverluste t_V** sind Unterbrechungen, die die Durchführung des Arbeitsauftrages hemmen. Sie können auftreten als Zeitverluste abhängig vom Arbeiter oder als Zeitverluste unabhängig vom Arbeiter. Die **Vorbereitungs- und Abschlußzeit t_A** wird vom Arbeiter benötigt, um sich mit dem Arbeitsauftrag vertraut zu machen, die Arbeitsmittel entsprechend herzurichten und diese als Abschluß des Arbeitsauftrages gegebenenfalls wieder in den Ausgangszustand zurückzusetzen. Die **Stückzeit t_S** ist die Zeit zur Fertigung eines Stückes oder einer anderen Mengeneinheit. Sie setzt sich zusammen aus der Zeit für natürliche Bedürfnisse und arbeitsbedingte Erholungspausen, aus der operativen Zeit und aus der Wartungszeit des Arbeitsplatzes. Die **Zeit für natürliche Bedürfnisse und arbeitsbedingte Erholungspausen t_E** ist die arbeitsfreie Zeit, die dem Arbeiter bei körperlich schwerer und besonders ermüdender Arbeit gewährt wird, um sich während dieser zu erholen (Zeichen für beide Begriffe t_E). Die **operative Zeit t_O** ist der Zeitaufwand zur Veränderung des Arbeitsgegenstandes im Sinne des Arbeitsauftrages. Sie besteht aus der Grundzeit und der Hilfszeit. Die **Wartungszeit des Arbeitsplatzes t_W** ist die Zeit, die gewährleistet, daß die Durchführung der Arbeit organisatorisch und technisch gesichert ist. Die **Grundzeit t_G** ist die Zeit, in der ein Werkstück im Sinne des Arbeitsauftrages unmittelbar verändert wird. Die Grundzeit kann als Grundzeit — Maschine, Grundzeit — Maschine — Hand und Grundzeit — Hand auftreten. Die



Schema der Zeitgliederung nach TGL 2860-56

Zeitkriechgrenze

Hilfszeit t_H ist die Zeit, die in Form von regelmäßig wiederkehrenden Hilfsverrichtungen die Durchführung der in der Grundzeit auszuführenden Werkstückbearbeitung ermöglicht. Die Hilfszeit kann auftreten als Hilfszeit – Maschine, Hilfszeit – Maschine – Hand oder Hilfszeit – Hand.

Zeitkriechgrenze, → Standversuch.

Zeitlupenaufnahme, svw. → Zeitdehneraufnahme.

Zeitplansteuerung, → Steuerung.

Zeitrafferaufnahme, die Aufnahme von Filmen mit stark herabgesetzter Bildfrequenz (Zeitabstände regelbar von Bruchteilen einer Sekunde bis zu vielen Stunden, oft nur ein Bild am Tage). Bei Vorführung mit der normalen Bildfrequenz von 24 Bildern/s erscheint dann der an sich langsam verlaufende Vorgang beschleunigt (gerafft). Die Z. wird zur Darstellung physiologischer und technischer Vorgänge verwendet, z. B. des Pflanzenwachstums. Gegensatz: → Zeitdehneraufnahme.

Zeitsandfestigkeit, → Standversuch.

Zeitteilung, → Fernsprechen.

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubilder, abg. ZTU-Schaubilder, für die Wärmebehandlung von Stählen eingesetzte Schaubilder, die für die jeweilige Stahlqualität und Austenitisierungstemperatur aufgestellt werden. Für die verschiedenen Temperaturen können die Zeiten für den Beginn bzw. das Ende der Umwandlung in der Perlit-, Zwischen- und Martensitstufe abgelesen werden. Beim isothermischen ZTU-Schaubild (Abb. a) wird der Werkstoff von Austenitisierungstemperatur auf eine bestimmte Temperatur abgeschreckt und bei dieser gehalten, bis die Umwandlung beendet ist. Beim kontinuierlichen ZTU-Schaubild (Abb. b) kann der Umwandlungsverlauf bei verschiedenen Abkühlungsgeschwindigkeiten abgelesen werden. Man unterscheidet in beiden Schaubildern die Gebiete des metastabilen Austenits (A), der voreutektoiden Ferritausscheidung (F), des Perlits (P), der Zwischenstufe (Z) und des Martensits (M). Der Beginn der Martensitbildung wird mit M_s bezeichnet.

Zeitor, → Radar, Abschn. 1c).

Zeitverluste, → Zeitgliederung in der Produktion.

Zeitwinkelminute, Kurzz. m , nicht gesetzliche Einheit des ebenen Winkels in der Astronomie. $1^m \triangleq 15'$ (Minuten) = $900''$ (Sekunden).

Zeitwinkelsekunde, Kurzz. s , nicht gesetzliche Einheit des ebenen Winkels in der Astronomie. $1^s \triangleq 15''$ (Sekunden).

Zeitwinkelstunde, Kurzz. h , nicht gesetzliche Einheit des ebenen Winkels in der Astronomie. $1^h \triangleq 15^\circ$ (Grad) = $900'$ (Minuten) = $54000''$ (Sekunden).

Zeitzeichen, eine täglich von verschiedenen Sendern zu genau festgelegten Zeiten abgestrahlte Zeichenfolge, deren zeitlicher Abstand durch eine (bis auf $\frac{1}{1000}$ s genau gehende) Quarzuhr gesteuert wird und deshalb das Einregulieren von Uhren auf Sekundenbruchteile oder eine entsprechend genaue Gangkontrolle ermöglicht. Das Z. wird meist von der jeweiligen Landessternwarte, die mit Hilfe astronomischer Beobachtung die Ortszeit ermittelt, an die in Frage kommenden Sendestationen gegeben. In der DDR wird das Z. aus dem Geodätischen Institut Potsdam der Deutschen Akademie der Wissenschaften von allen Rundfunksendern übertragen.

Zeitzone, abg. ZZZ, ein im Selbstwählfernverkehr (→ Fernsprechen) verwendetes Gerät, das selbsttätig die Ferngesprächgebühren nach Entfernung (Zone) und Gesprächszeit erfaßt.

Zelle, 1) zwei als Kathode und Anode geschaltete Platten eines → Akkumulators.

2) → Flugzeugbau.

Zellenausleser, svw. → Trieur.

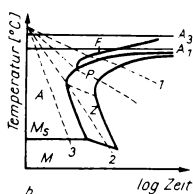
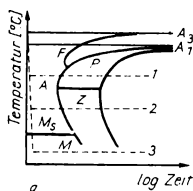
Zellglas, chemisch Zellulosehydrat, sehr dünne (0,02 bis 0,04 mm), feste, aber etwas dehnbare, glasklare oder gefärbte Folien, die vor allem für Verpackungszwecke, als Kunstdärme und Fläschchen verwendet werden. Z. wird aus Viskose hergestellt, indem diese nach einem Reife-prozess und nach Filtration entweder durch eine Schlitzdüse in das Fällbad (Müller-Bad) eingespritzt (Spinnverfahren) oder durch einen Gießtrichter in das Fällbad eingeführt wird (Gießverfahren). Im Fällbad wird die gebildete Folie von einer Walze erfaßt und dann mit Hilfe weiterer Walzen durch andere leicht temperierte Bäder (Entschwefelungsbad, Bleichbad, Weichmacherbad) transportiert, um anschließend getrocknet und aufgewickelt zu werden. Im Weichmacherbad befindet sich in der Regel eine wäßrige 4- bis 8%ige Glycerinlösung. Überzieht man die Zellglasfolien beiderseitig mit Zellulose-nitratlack, so erhält man eine wetterfeste Folie. Kunstdärme aus Z. werden hergestellt, indem man die Viskose von unten durch eine kreisförmige Schlitzdüse in ein Fällbad drückt. Fläschchen aus Z. werden aus Viskose nach dem Tauchverfahren mit gläsernen Formkörpern hergestellt.

Zellhorn, svw. → Zelluloid.

Zellobiose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, ein aus D-Glukose aufgebautes Disaccharid, das bei der schonenden Hydrolyse von Zellulose entsteht.

Zellstoff, aus faserhaltigen Pflanzen durch chemischen Aufschluß als Halbstoff (Halbfertigerzeugnis) gewonnener Faserstoff, in dem die Fasern des Rohstoffs – je nach dessen Art von etwa 3 bis 3,5 oder 1 bis 2 mm Länge – voll erhalten sind. Während man für die Chemiefaser- und Plastproduktion in Verbindung mit einem Bleichvorgang alle inkrustierenden (verklebenden) Bestandteile (Lignin, Harze, Zuckerarten, Fette u. a.) chemisch herauslöst, so daß der entstehende Z. nahezu reine α -Zellulose (Edelzellulose) darstellt, beläßt man im Z. für die Herstellung von Papier einen gewissen großen Teil von Zellulosebegleitern (Hemizellulosen). Gewöhnlicher Z. für die Papierherstellung enthält 85 bis 88 % α -Zellulose; für die Viskose-seideherstellung sind 90 bis 92 %, für die Herstellung von Azetat- und Kupferseide 98 % α -Zellulose erforderlich.

Herstellung. Als Rohstoff setzt man vor allem Holz ein, ferner z. B. Schilfrohr (Errichtung großer Zellstoffkombinate im Wolga- und Donaudelta), Espartogras und Stroh. Der chemische Aufschluß erfolgt nach verschiedenen Verfahren. 1) **Sulfitverfahren** (am meisten angewendet): Möglichst ein halbes Jahr abgelagerte Knüppel (ausnahmsweise auch Scheite), für Papier hauptsächlich von Fichte, für Kunstseide auch von Buche, für Zellwolle von Buche und Pappel, werden entrindet und in rotierenden schweren Hackmaschinen zu Schnitzeln zerkleinert; diese werden in etwa 400 m³ großen Druckfesten ausgemauerten oder mit säurefestem Stahl ausgekleideten Kochern aus Stahlblech in einer wäßrigen Lösung von Kalziumhydrogensulfid mit einem Überschuß an schwefliger Säure gekocht. Neuerdings werden vereinzelt Magnesiumhydrogensulfid- und auch Ammoniumhydrogensulfidlösungen eingesetzt, die ein gleichmäßigeres und schonenderes Kochen bewirken. Das Kochen erfolgt entweder nach Mitscherlich indirekt durch außen befindliche Heizkörper (Umwälzheizung) oder durch direktes Einblasen von Dampf nach Ritter-Kellner. Durch unterschiedliche Kocherführung (Temperatur, Dauer, Druck) lassen sich die Eigenschaften des gewonnenen Z.s in bezug auf Härte und Festigkeit sowie den Gehalt an α -Zellulose in ziemlich weiten Grenzen variieren. Schwierig ist die Bewältigung der bei

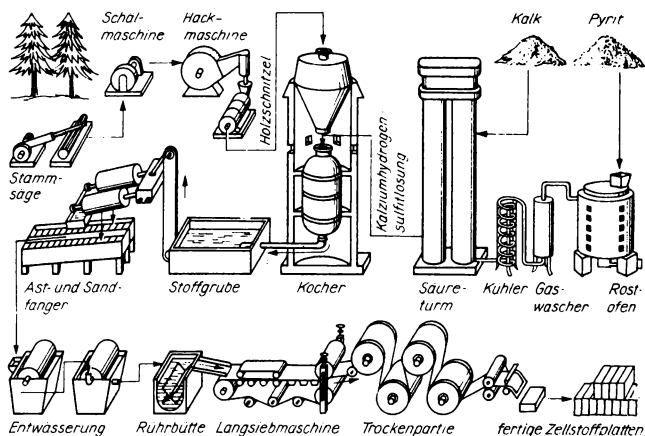


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubilder. a Isothermisches ZTU-Schaubild: 1 isothermische Perlitumwandlung, 2 isothermische Zwischenstufenumwandlung, 3 isothermische Martensitumwandlung. b Kontinuierliches ZTU-Schaubild: 1 Normalisierungsbehandlung, 2 Zwischenstufenvergütung, 3 Martensithärtung

diesem Verfahren anfallenden großen Menge an Ablauge und Waschwässern (→ Sulfitablage). 2) **Natronverfahren**: Das geschnitzelte Holz wird wenige Stunden mit 6- bis 8%iger Natronlauge bei 4 bis 8 at gekocht. Das anfallende Produkt wird als **Alkalizellstoff** bezeichnet. Infolge der teuren, nur einmal verwertbaren Natronlauge ist dieses Verfahren ganz verdrängt vom 3) **Sulfatverfahren**, bei dem die alkalische Kochlauge durch Eindampfen in Mehrkörperverdampfern und zuletzt in Scheibenverdampfern wiedergewonnen wird. Die getrocknete Masse wird anschließend im Gebläseofen zum Schmelzen gebracht. Chemikalienverluste werden durch Zugabe von Natriumsulfat im Schmelzofen ausgeglichen. Nach Auflösen der Schmelze in Wasser und Kaustifizieren der Lösung mit gebranntem Kalk fällt nach Entfernung des Schlammes (als Düngemittel verwendbares Kalziumkarbonat) eine Natriumhydroxid-, -karbonat-, -sulfat und -sulfid enthaltende Kochlauge an, die mit einem Teil bereits verwendeter Kochlauge (Schwarzlauge) versetzt wird. Das Sulfatverfahren wird vor allem zur Verarbeitung harzreicher Hölzer (Kiefer und Lärche) besonders in den nördlichen Ländern angewandt. Dabei erhält man als Nebenprodukt unter anderem Terpentin und Harzseife, die beim Ansäuern Tallöl ergibt. Ferner verarbeitet man nach diesem Verfahren Fichte und Buche zu Edzellstoff; auch Stroh, Häcksel und Schilfrohr werden eingesetzt. Man kocht die Rohstoffe 3 bis 6 Stunden bei 170 bis 180 °C unter 6 bis 10 at Druck in nicht ausgekleideten stählernen rotierenden Kochern, die bis zu 50 m³ Rauminhalt haben (Tafel 32). Die Beheizung erfolgt direkt durch Dampfeinblasen oder indirekt durch Heizschlangen oder durch in den Laugenumlauf eingeschaltete Heizaggregare. Neue Anlagen werden an Stelle von Kochern mit einem Schneckenrohrsystem für kontinuierliches Arbeiten unter Druck ausgerüstet. Nach Entleeren der Kocher wird der größte Teil der Kochlauge auf Zellendrehfiltern entfernt und das als **Sulfat-** oder **Kraftzellstoff** bezeichnete Produkt in Diffuseuren im Gegenstromprinzip mit Wasser gewaschen. Aus den Diffuseuren gelangt der Stoff in Stoffgruben, wo er sich entwässert. Anschließend wird er aufbereitet und für den Transport in Pappenform mit etwa 50 % Trockengehalt gebracht. 4) Beim **Natriumsulfatverfahren** arbeitet man mit neutraler oder saurer Kochlösung, jedoch dient dieses Verfahren infolge der hohen Chemikalienkosten fast nur zur teilweisen Auflockerung des Holzgefüges, d. h. zur Vorbehandlung von Faserholz zur Verarbeitung zu Halbzellstoff und Holzschniff. 5) **Salpetersäureaufschluß**: Dieses Verfahren, das vor allem für die Verarbeitung von Buchenholz eingesetzt wird, setzte sich erst nach Einführen korrosionsfester Edelstähle (Chrom-Nickel-Stahl) und Senken des Verbrauchs an Salpetersäure und Natronlauge durch. Es liefert einen sehr hochwertigen Z. Man arbeitet in zwei Phasen. Zunächst fügt man bei Temperaturen unterhalb von 50 °C soviel 14 %ige Salpetersäure hinzu, wie zur Oxydation des Lignins benötigt wird (Imprägnierungsphase). Die abgezogene Säure wird wieder aufkonzentriert und für den nächsten Ansatz verwendet. In der anschließenden Aufschlußphase werden die Hackschnitzel nach Abpumpen der Salpetersäure mit Wasser bei langsam auf 100 °C steigenden Temperaturen behandelt. Die Säure weist schließlich eine Konzentration von weniger als 1 % auf; die Zellulose wird daher nicht angegriffen. Die Kochdauer beträgt 7 Stunden. Nach Entfernen von Ligninoxidationsprodukten durch Kochen mit heißer verdünnter Natronlauge erhält man eine schwarzbraune Lösung. Der Z. wird anschließend durch Behandeln mit Chlor und

10%iger Natronlauge in der Kälte weiter veredelt; sein α -Zellulosegehalt steigt dabei bis auf 98 % an. Dieser Edzellstoff kann als Ersatz für Linters direkt zur Herstellung von Kupferseide eingesetzt werden. 6) **Pomilio-Verfahren**: Bei diesem speziell zum Aufschluß von Schilfrohr und Stroh angewendeten Verfahren werden die Rohstoffe zunächst mit verdünnter Natronlauge behandelt und anschließend mit Chlor, das vor allem als Oxydationsmittel wirkt. Danach extrahiert man mit stärkerer Natronlauge.

Dem Aufschluß, einer gründlichen Reinigung und der Entfernung des größten Teils des Wassers auf Eindickmaschinen oder Filtern, schließt sich meist eine Bleiche im Bleichholländer an, deren Ziel eine Aufhellung der Farbe, die Anreicherung von α -Zellulose, eine Stabilisierung des Z.s gegenüber Verfärbung an Luft und Licht und eine Depolymerisation ist. Als Bleichmittel verwendet man vorwiegend Hypochloritlösungen oder Chlorkalk, neuerdings oftmals schonender wirkendes Chlordioxid. Dem Bleichen folgt nochmaliges Waschen, z. B. auf Zellenfiltern. Der gebleichte Z. wird ebenso wie der ungebleichte auf einer Langsiebmaschine entwässert, zu einer Bahn geformt und diese zu feuchten Rollen gewickelt, oder er wird getrocknet, zu Bogen geschnitten und ballenweise versandt.



Zellstoffherstellung nach dem Sulfatverfahren

Verwendung. Der Z. ist ein unentbehrlicher Rohstoff für die Herstellung von Papier, Karton, Pappe, Kunstseide, Viskose, Zellwolle, Zellglas, Platten, Zelluloselacken, Schießbaumwolle u. a. Beim Einsatz von Laubhölzern sind die Faserzellen dünner und kürzer als bei Nadelhölzern, weshalb man aus ihnen Filterpapier, Löschpapier und Verbandmaterial herstellen kann.

Lit. Hentschel: Chemische Technologie der Zellstoff- und Papierherstellung (3. Aufl. Leipzig 1960); Nepenin: Chemie und Technologie der Zellstoffherstellung, Bd 1: Die Herstellung von Sulfatzellstoff (dtsc Berlin 1960); Schwenzon: Erzeugung von Z. (Halle 1953); Seliger: Die Warmwirtschaft in der Zellstoff- und Papierindustrie (Dresden 1966); Zieger: Technologie der Holzentrindung (Leipzig 1962); Ztschr. Z. und Papier (Leipzig).

Zellulase, ein zu den Hydrolasen gehörendes Ferment, das Zellulose über die Zwischenstufe der Zellobiose bis zu Glukose (Traubenzucker) abbauen kann. Auch das Reservekohlenhydrat Lichenin wird durch Z. zerlegt. Z. kommt vor in Bakterien, Pilzen, Pflanzensamen, Insekten, ferner in holzerstörenden Mikroorganismen, z. B. im Hausschwamm.

Zelluloid, Zellhorn, der erste in größerem Maßstab praktisch verwendete Thermoplast. Z. wurde erstmalig 1869 von den Gebrüdern Hyatt hergestellt. Es ist hornartig, in reinem Zustand

durchsichtig, leicht anfärbbar durch Pigmente und organische Farbstoffe und leicht löslich in vielen organischen Lösungsmitteln. Sein Erweichungspunkt liegt bei etwa 80 °C. Erhebliche Nachteile des Z.s sind seine leichte Entzünd- und Brennbarkeit.

Zur Herstellung wird Kollodiumwolle mit 25 bis 30 % Weichmacher (hauptsächlich Kampfer, neuerdings auch Phthalsäure- und aliphatische Phosphorsäureester), einigen anderen Zusätzen und Alkohol zu einer plastischen Masse verknetet. Nach dem Abdunsten der Hauptmenge des Alkohols wird die Masse zu Platten ausgewalzt oder durch Strangpressen zu Profilen geformt, die man unter Druck bei einer Temperatur von 100 bis 120 °C wieder unter teilweisem Verschmelzen zu homogenen Blöcken verpreßt. Von diesen Blöcken werden Platten oder Folien durch Schneidemaschinen abgehobelt, die getrocknet und zum Polieren und Prägen zwischen vernickelte Messingbleche einer Etagenpresse gelegt werden. Hier nehmen sie unter Druck und Wärme die Struktur der Blechoberfläche an. Die Halbfertigerzeugnisse werden meistens durch Warmpressen bei etwa 80 °C oder durch Zerspanen zu Fertigprodukten weiterverarbeitet. Nach dem Blasverfahren lassen sich Hohlkörper aus Z. ähnlich denen aus Glas blasen.

Da man dem Z. mit Pigmenten und löslichen organischen Farbstoffen jede gewünschte Färbung geben kann, sind seine Verwendungsmöglichkeiten außerordentlich groß; z. B. wird Z. zur Herstellung von Büromaterialien, Toiletteartikeln, Spielwaren, Brillengestellen, Tischtennisbällen, Griffen, Uhrgläsern und medizinischen Instrumenten verwendet. Löst man Z. in einem schnell verdunstenden organischen Lösungsmittel, so erhält man **Zelluloidlack**, der als Klebstoff dient.

Zellulose, ein zur Gruppe der Polysaccharide gehörendes hochmolekulares Kohlenhydrat der allgemeinen Formel $(C_6H_{10}O_5)_n$, das wie die Stärke, aber in anderer Verknüpfung, aus Glukosemolekülen besteht. Das durchschnittliche Molekulargewicht beträgt 300 000 bis 500 000. Z. ist eine weiße, in Wasser und den meisten organischen Lösungsmitteln unlösliche Substanz. Die besten Lösungsmittel für höhermolekulare Z. sind Schweitzers Reagens und Kupferdiäthylendiamin. Durch Einwirkung konzentrierter Säuren wird Z. zur Glukose abgebaut. Bei der Hydrolyse unter bestimmten Bedingungen erhält man ein Tetra- oder Trisaccharid oder das aus zwei Molekülen Glukose bestehende Disaccharid Zellobiose. Z. ist das in der Natur am meisten vorkommende Kohlenhydrat. Sie ist die Gerüstsubstanz in der Pflanzenwelt. In nahezu reiner Form tritt sie z. B. in Baumwollhaaren, Flachs, Hanf, Jute und Ramiefaser auf. Das Holz der Nadel- und Laubbäume besteht zu 40 bis 50 % aus Z. neben vielen Begleitstoffen, z. B. Hemicellulosen und Lignin. Für die technische Gewinnung der Z. benutzt man Holz (→ Zellstoff).

Für die Technik sind besonders die Zellulose-derivate Zelluloseäther und Zelluloseester wichtig.

Lit. Golowa u. Iwanow: Über das Molekulargewicht der Z. (dtisch Berlin 1953); Lieser: Kurzes Lehrbuch der Zellulosechemie (Berlin 1953); Sergejew: Chemie des Holzes und der Z. (dtisch Dresden u. Leipzig 1959).

Zelluloseäther, Zellulosederivate, die durch Reaktion von Natronzellulose mit Alkylhalogeniden, Arylhalogeniden, Halogenalkylkarbonsäuren oder auch Äthylenoxid hergestellt werden. Als Thermoplaste sind **Äthyl-** und **Benzylzellulose** von Bedeutung, die zu Dichtungen, Rohren, Isolationsmaterialien für die Elektroindustrie, Spinnspulen u. a. verarbeitet werden können. Ferner setzt man sie für Lackrohstoffe ein. **Methylzellulose** und **Karboxymethylzellulose** (Zelluloseglykoläther) sind wasserlösliche Z., die besonders für wäßrige Anstrichfarben, als

Klebstoffe und Emulgiermittel verwendet werden. Karboxymethylzellulose dient auch als Waschhilfsstoff.

Zelluloseazetat, **Azetylzellulose**, ein Zelluloseester. Durch Behandlung von Zellstoff oder Linters mit Essigsäureanhydrid entsteht zunächst das **Triazetat**, das nur in wenigen organischen Lösungsmitteln, z. B. Methyl- und Äthylenchlorid, löslich ist und vor allem für die Erzeugung von Unterlagen für Filme, die sehr schwer entflammbar sind, ferner auch als Ausgangsstoff für Azetatseide, verwendet wird. Durch Hydrolyse des Triazetats erhält man azetonlösliches Azetat (**Zellulose-(2,5)-azetat**, **Sekundärazetat**), das vor allem zur Herstellung von plastischen Massen und → Azetatzellulose dient.

Zelluloseazetobutyrat, ein Zellulosemischester, der durch gleichzeitige Einwirkung von Essigsäureanhydrid und Buttersäure oder deren Anhydrid auf Zellulose in Gegenwart von Schwefelsäure hergestellt wird. Z. dient vor allem als Rohstoff für Spritzgußmassen und für Speziallacke.

Zelluloseester, Zellulosederivate, z. B. → Zelluloseazetat, → Zelluloseazetobutyrat und → Zellulosenitrat, in denen die drei freien Hydroxylgruppen des Zellulosemoleküls teilweise oder ganz mit Säuren verestert sind.

Zelluloseglykoläther, → Zelluloseäther.

Zellulosenitrat, **Nitratzellulose**, fälschlich **Nitrozellulose**, ein Zelluloseester, der durch Nitrieren von Baumwolle, Linters oder Zellstoff hergestellt wird. Der Veresterungsgrad ist von der Zusammensetzung der Nitriersäure (Salpetersäure/Schwefelsäure/Wasser) abhängig. Die niedrig-nitrierten Formen bezeichnet man als → Kollodiumwolle, die höhernitrierten als → Schießbaumwolle.

Zellwolle, frühere Bezeichnung für → Viskosefaser.

Zement, ein hydraulischer Bindebaustoff, der nach dem Anmachen mit Wasser durch Hydratation an der Luft und unter Wasser erhärtet und gegen Wasser beständig, gegen Agenzien nur bedingt beständig ist. Die Verfestigung der Z.e beruht im wesentlichen auf Hydratation der silikatischen bzw. aluminatischen Verbindungen. Im Mörtel und Beton wirkt der Z. als Leim, der die Zuschlagstoffe miteinander verkittet. Dabei werden Druckfestigkeiten bis etwa 600 kp cm⁻² erreicht, bei besonderer Verarbeitung auch noch höhere Werte.

Einteilung der Z.e. Nach der Anwendung werden die Z.e in **Standardzemente** und **Sonderzemente** eingeteilt, deren Abgrenzung jedoch beim heutigen Stand der Bautechnik nicht immer genau durchzuführen ist. Neben den Massenbauszementen, d. s. Z.e für den allgemeinen Hoch- und Tiefbau, gewinnen Z.e mit besonderen Eigenschaften zunehmende Bedeutung und werden dadurch nach und nach ebenfalls zu Massenbauszementen.

Nach der Zusammensetzung unterscheidet man Z.e silikatischer und aluminatischer Art. 1) Die meisten Z.e sind **silikatischer Art**. Hauptvertreter sind die **Portlandzemente**, die hergestellt werden durch Sinterung von basischen Ausgangsstoffen (in erster Linie Kalziumkarbonat CaCO₃ aus Kalkstein, für die Verbundproduktion von Z. und Schwefelsäure auch Kalziumsulfat CaSO₄ aus Anhydritgestein) und Hydratfaktoren-trägern, d. h. Trägern der hydraulischen Erhärtung (hauptsächlich Siliziumdioxid SiO₂, Aluminiumoxid Al₂O₃ und Eisen(III)-oxid Fe₂O₃ aus Mergeln, Tonen, Sanden und industriellen Anfallstoffen) und durch anschließende Feinmahlung unter Zusatz von Gipsstein (CaSO₄ · 2H₂O) zur Abbinde-regulierung. Die Rohstoffe werden meist im Tagebau gewonnen, sorgfältig

aufbereitet und (möglichst gravimetrisch) dosiert zusammen gemischt. Das Mineralgefüge des Portlandzementes besteht aus etwa 55 bis 65 % Trikalziumsilikat $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (Alit), 15 bis 20 % Dikalziumsilikat $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (Belit), 5 bis 15 % Trikalziumaluminat $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, 5 bis 10 % Tetraalkaliumaluminatferrit $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (Brownmillerit) und geringen Anteilen Gips-gestein ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Kalziumoxid (CaO) sowie Magnesia- (MgO -) Verbindungen, Alkali- (K_2O - und Na_2O -) Verbindungen und Titan-oxid- (TiO_2 -) Verbindungen.

Auf der Basis von Portlandzementklinker werden durch Zumahlung von Hochofenschlacken **Hüttzemente** hergestellt. Diese enthalten als **Eisenportlandzement** bis zu 40 %, als **Hochofenzement** bis zu 80 % und als **Sulfathüttzement** bis zu 92 % granuliert basische Hochofenschlacke und weisen mit kleiner werdendem Klinkeranteil eine geringere Hydratationswärmeentwicklung und Schwindneigung sowie eine erhöhte Aggressionsbeständigkeit auf. Man verwendet diese Z.e. vorzugsweise für Massenaubauten. Ähnliche Eigenschaften haben **Puzzolanzemente**, die z. B. als Traßportlandzement durch Zumahlung natürlich vorkommender oder industriell anfallender Puzzolane zu Portlandzementklinker verarbeitet werden.

Neuerdings werden Z.e. mit Hüttzementcharakter hergestellt, denen industrielle Anfallstoffe, besonders metallurgische Schlacken und Kraftwerks-Flugaschen mit hydraulisch-puzzolanischen Erhärtungseigenschaften, zugemahlen werden. Für Sonderzwecke stellt man Z.e. mit speziellen Eigenschaften her, z. B. sulfatresistenten Portlandzement, Straßenbauzement, hydrotechnischen Z., Quellzement, schnell erhärtenden Portlandzement u. a.

Naturzemente werden durch Sintern natürlich anstehender Gesteine von gewünschter chemischer Zusammensetzung und durch anschließende Feinmahlung unter Zumahlung geringer Anteile von Gipsstein hergestellt; sie haben wegen der wenigen brauchbaren Lagerstätten nur örtliche Bedeutung.

2) Z.e. **aluminatischer Art** werden als **Tonerdezemente** nur in geringen Mengen in einem größeren Bereich der mineralischen Zusammensetzung ($12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ und $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ bzw. $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ und $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) durch Schmelzung oder Sinterung

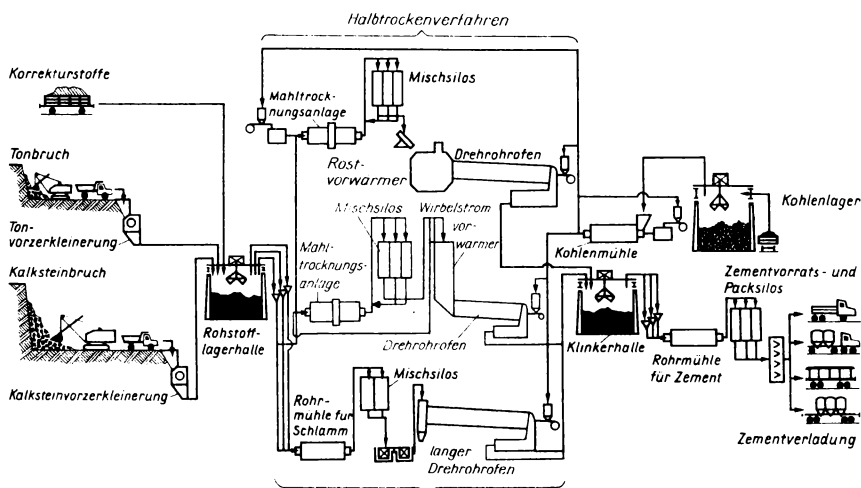
von entsprechend aufbereiteten Rohstoffen und durch anschließende Feinmahlung hergestellt.

Herstellung. Hauptabschnitte der Zementherstellung sind die Gewinnung der Rohstoffe und deren Aufbereitung, die Sinterung bzw. Schmelzung der zusammengeführten Rohmischung, die Feinmahlung und der Versand. Kernstück ist das Brennen, das in modernen Anlagen vorzugsweise aus trocken aufbereiteten Rohstoffmischungen in Drehrohrofenanlagen erfolgt (**Trockenverfahren**). Daneben ist noch das **Naßverfahren** von Bedeutung, während das **Halb trockenverfahren** mechanisch verhältnismäßig kompliziert ist und deshalb zunehmend an Bedeutung verliert. Die Drehrohrofenanlagen sind neuerdings meist mit Wirbelstromvorwärmern ausgerüstet. Bei Drehrohrofen mit Rostvorwärmern (LEPOL-Rost) wird das aufbereitete Rohmehl in granulierter Form aufgegeben. Für das Naßverfahren werden vorzugsweise lange Naßdrehrohrofen eingesetzt. Ein Teil der fühlbaren Wärme des Klinkers dient zur Vorwärmung der Verbrennungsluft; die Wärmeübertragung erfolgt dabei in neuen Anlagen hauptsächlich in Rostkühlern. Als Brennstoff für Drehrohrofenanlagen werden Kohlenstaub, Heizöl oder Gas verwendet. Moderne Drehrohrofenanlagen haben einen Durchmesser bis zu 7 m und Durchsätze von mehr als 2000 t/d. Schachtofenanlagen sind ihrer geringen Produktivität wegen nur noch für kleinere Werke und für die Sinterung von Naturzement-Rohstoffen vorteilhaft. Schachtofen arbeiten mit Gemischfeuerung (besonders Kok^s), werden aber neuerdings auch mit Heizöl oder Gas befeuert. Das Brennen von Tonerdezementklinker erfolgt vorzugsweise in Elektroöfen, aber auch in Drehöfen und im Verbundbetrieb an Hochöfen.

Lit. Kühl: Der Baustoff Z. (2. Aufl. Berlin 1967); Zement-Chemie (Berlin, Bd 1 3. Aufl. 1956, Bd 2 3. Aufl. 1958, Bd 3 3. Aufl. 1961); → Beton.

Zementation, svw. → Zementieren.

Zementationszone, in der Lagerstättenkunde die im Grundwasser unter der → Oxydationszone von Erzgängen gelegene Anreicherungszone der edleren Metalle. In dieser chemisch nicht aktiven Grundwasserzone bleiben die Sulfide der Metalle erhalten und wirken ausfällend auf die aus der Oxydationszone absteigenden, metallsulfathaltigen Lösungen edler Metalle. Die weniger edlen Metalle werden verdrängt, an ihrer Stelle



Nahverfahren

Herstellung von Portlandzement (oben: Halb trockenverfahren, Mitte: Trockenverfahren, unten: Naßverfahren)

bilden sich Sulfide von Kupfer, Silber oder gegen Silber und Gold. Die unedlen Metalle gehen als Sulfate in Lösung (Zementation).

Zementieren, Zementation, 1) → Füllen. **2)** svw. → Aufkohlen.

Zementit m, metallographische Bezeichnung für rhombisch kristallisierte, metastabile Gefügebestandteile des Stahls der Formel Fe_3C (Eisenkarbid). Z. enthält 6,68 % Kohlenstoff und ist sehr hart und spröde (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen).

Zenerdiode, eine in Sperrichtung betriebene Diode, deren Wirkungsweise auf dem von C. Zener entdeckten Effekt (Ladungsträgervermehrung in Halbleitern durch Stoßionisation bei hinreichend großen Feldstärken) beruht. Bei Z.n ist die Sperrspannung in einem bestimmten Sperrstromintervall nahezu konstant (Ähnlichkeit der Kennlinie mit der des Glimmstreckenstabilisators). Sie werden zum Stabilisieren von Spannungen zwischen 2 V und 50 V eingesetzt.

Zenit m oder **n**, **Scheitelpunkt**, Durchstoßpunkt des im Beobachtungsort nach oben verlängerten Lotes durch das Himmelsgewölbe. **Zenitdistanz**, eine Winkelkoordinate in einem → astronomischen Koordinatensystem.

Zenitteleskop, ein → astronomisches Instrument.

Zenti, Kurzz. c, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen, = 10^{-2} (Hundertstel), z. B. **Zentimeter**, Kurzz. cm, = 10^{-2} m; **Zentiliter**, Kurzz. cl, = 10^{-2} l; **Zentigramm**, Kurzz. cg, = 10^{-2} g.

Zentimeter Wassersäule, Kurzz. cm WS, gesetzliche Einheit des Druckes. 1 cm WS = 10^{-3} at (technische Atmosphäre).

Zentimeterwellen, → Mikrowellentechnik.

Zentner, Kurzz. Ztr, alte, nicht mehr zulässige Masseinheit. 1 Ztr = 50 kg = 0,5 dt (Dezitonne). In Österreich ist 1 Ztr = 100 kg.

Zentralbewegung, die Bewegung eines Körpers unter dem Einfluß einer stets auf den gleichen Punkt, das Zentrum, gerichteten Kraft. Bei ihr gilt der → Flächensatz. Z.en sind die Bewegungen der Planeten um die Sonne, der Monde um ihre Zentralkörper, der Elektronen im Atom.

Der einfachste Fall einer Z. ist die Bewegung eines Körpers, der an einem Faden befestigt ist und im Kreise herumgeschleudert wird (**Kreisbewegung**). Nach dem Trägheitsgesetz hat der Körper das Bestreben, den Kreis in Richtung der Tangente zu verlassen. Damit er kreist, muß dauernd eine Kraft auf ihn ausgeübt werden. Diese nach dem Kreismittelpunkt gerichtete Kraft heißt **Zentripetalkraft**. Ist m die Masse des Körpers, v seine Geschwindigkeit, r der Halbmesser des Kreises (Fadenlänge) und ω die Winkelgeschwindigkeit, so ist die Zentripetalkraft

$$Z = m \cdot \frac{v^2}{r} = m r \omega^2. \text{ Nach dem Gegenwirkungs-}$$

prinzip entspricht ihr eine entgegengesetzt gerichtete, gleichgroße Gegenkraft, die **Zentrifugalkraft** oder **Fliehkraft**, die man deutlich spürt, wenn der Körper herumgeschleudert wird. Sie ist der Trägheitswiderstand, mit dem der bewegte Körper der dauernden Änderung der Richtung seiner Bahn, also der dauernden Änderung seiner Bewegungsgröße (ein Vektor!) widerstrebt. Reißt der Faden, so bewegt sich der Körper nicht radial weiter, sondern tangential. Läufer, Fahrzeuge usw. werden an Kurven durch die Zentrifugalkraft nach außen gedrückt. Läufer, Radfahrer usw. neigen sich deswegen nach innen, damit sie in die Richtung der Resultierenden von Schwerkraft und Zentrifugalkraft kommen. Eisenbahnschienen und Rennbahnen werden in den Kurven an der Außenseite überhöht. Bei sich schnell drehenden Maschinenteilen, Schwungrädern, Ankern von Generatoren usw. muß die

Zentrifugalkraft wegen der Gefahr des Zerspringens stets berücksichtigt werden.

Eine Folge der Zentrifugalkraft ist die Abplattung der Planeten und anderer Himmelskörper. Technisch wird die Zentrifugalkraft angewendet bei Zentrifugen, Zentrifugalpumpen, Reguliersteuerungen der Kraftmaschinen, Tachometern u. a.

Zentrieren, 1) allgemein: das Festlegen des Mittelpunkts eines Kreises oder der Drehachse eines Rotationskörpers.

2) Fertigungstechnik: beim Drehen das Anreißen und Bohren der Löcher, die zur Einspannung des Werkstückes zwischen Spitzen dienen.

3) Optik: das Vereinigen von optischer Achse und geometrischer Achse von Linsen.

Zentrierung, im Maschinenbau ein zylindrischer Ansatz oder eine zylindrische Aussparung (meist mit Passung versehen) an Drehkörpern, deren Achsen im zusammengebauten Zustand zusammenfallen müssen.

Zentrifugalkraft, → Zentralbewegung.

Zentrifugalmoment, → Trägheitsmoment.

Zentrifuge, **Trennschleuder**, **Separator**, ein Gerät zum Trennen von Fest/Flüssig-, Fest/Gas-, Flüssig/Flüssig- und Gas/Gas-Gemischen unter Ausnutzung der Fliehkraft in rotierenden Trommeln. Dabei unterscheidet man a) das Trennen von Substanzen unterschiedlicher Dichte in **Vollmantel-, Teiler- und Flaschenzentrifugen** und b) das Abscheiden von Feststoffen aus Flüssigkeiten durch **Filterzentrifugen**, zu denen die Schub- und Siebzentrifugen zählen. Hier ist die Dichtedifferenz zwischen den zu trennenden Komponenten von untergeordneter Bedeutung.

Bei der in Labors verwendeten **Flaschenzentrifuge** sind um eine senkrechte Welle symmetrisch zwei oder mehr flaschenförmige Behälter aufgehängt, in denen sich das zu trennende Gut befindet. Beim Umlaufen schwingen die Behälter in die Waagerechte, wobei sich an ihrem Boden die schwerere Komponente sammelt, während die leichtere darüber schwimmt. Die Trennung zweier Flüssigkeiten, z. B. von Milch in Rahm und Magermilch, von Öl und Wasser, von Tierblut in Blutkörperchen und Blutplasma, geschieht in der **Tellerzentrifuge**. Auf einer senkrechten Welle, die von einem Motor in rasche Umdrehung versetzt wird (5000 bis 15000 U/min), sitzen mehrere konische Schleuderbleche (Teller) übereinander. Das Ausgangsprodukt fließt von oben aus einem Vorratsbehälter durch die hohle Welle in die Zwischenräume zwischen den Schleuderblechen und wird dort getrennt. Bei den **Siebzentrifugen** ist der äußere Mantel siebförmig durchbrochen und manchmal mit Filterstoff belegt. Sie werden verwendet zum Abschleudern der Mutterlauge von Kristallen (z. B. bei der Siedesalzherstellung) und zum Trockenschleudern faserigen Gutes (z. B. Wäscheschleuder). Die **Schubzentrifuge** ist eine Siebzentrifuge, die kontinuierlich arbeitet, das feste Gut aus der Schleudertrommel in Abständen selbsttätig herausgeschoben wird und die Z. sich somit entleert.

Ultrazentrifugen sind Spezialausführungen mit Drehzahlen bis zu 100000 U/min, wodurch eine Zentrifugalkraft vom Millionenfachen des Erdschwerefeldes erzeugt wird. Dadurch „wiegt“ 1 p eines Stoffes in der laufenden Z. mehr als 1000 kp. Mit Hilfe von Ultrazentrifugen kann man das Molekulargewicht makromolekularer Stoffe ermitteln, und zwar durch Bestimmung der Sedimentationsgeschwindigkeit. Wegen der hohen Drehzahlen besteht der Rotor solcher Z.n aus Beryllium und läuft in einer Wasserstoffatmosphäre bei einem Druck von etwa 25 Torr.

Zentripetalkraft, → Zentralbewegung.

Zentriwinkel, → Kreis.

Zeolithe, eine Gruppe gut kristallisierter, wasserreicher Minerale von der allgemeinen Formel $[X_m Y_p O_p] \cdot n H_2O$, wobei X = Natrium, Kalzium, seltener Kalium und Barium (Strontium), Y = Silizium, Aluminium, $n = 2$ bis 14; farblos, weiß oder leicht gefärbt; Härte nach Mohs 3 bis 5,5, D. 2,1 bis 2,5 g cm⁻³. Man unterscheidet drei Gruppen von Z.: 1) **Würfelzeolithe**, kubisch oder pseudokubisch, z. B. Chabasit, Phillipsit, Harmotom; 2) **Blätterzeolithe**, monoklin, pseudohexagonal, z. B. Heulandit, Desmin (Stilbit); 3) **Faserzeolithe**, pseudotetragonal, z. B. Natrolith, Thomsonit, Laumontit.

Z. sind hydrothermal entstanden und finden sich in Blasenräumen und Klüften magmatischer Gesteine, auch auf Erzgängen. Infolge ihres strukturellen Aufbaus kann aus den Hohlräumen durch Erhitzung stetig Wasser entfernt werden, ohne daß dabei das Kristallgitter zusammenbricht. Die Z. dienen deshalb als natürliche Ionenaustauscher; sie können auch als natürliche Molekularsieve wirken, die nur für bestimmte Gase durchlässig sind. So nimmt z. B. Chabasit Methan und Äthan schnell, die höheren geradlinigen Kohlenwasserstoffe langsam auf.

Zer, **Cer**, Symbol **Ce**, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 58, Massenzahlen der Isotope 140, 142, 138 und 136, Atomgewicht 140,12 (bezogen auf ¹²C), Wertigkeit III und IV, D. 6,771 g cm⁻³, F. etwa 800 °C, Kp. 3600 °C; 1803 gleichzeitig von Klaproth und Berzelius entdeckt. Z. ist eisengrau, weich wie Zinn und sehr dehnbar. Es kommt in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen vor. Verhältnismäßig stark angereichert ist es in Zerit und Monazit; aus letzterem wird es zusammen mit anderen Seltenerdmetallen über die Chloride durch Schmelzflusselektrolyse als → **Zer-Mischmetall** gewonnen. Die Abtrennung reinen Z.s aus dieser Legierung ist nur durch langwierige Fällungsreaktionen möglich. In reiner Form oder als Zer-Mischmetall dient Z. als Legierungsbestandteil für Stähle und Nichtisenmetalllegierungen. Wegen seiner großen Affinität zu Sauerstoff wird Z. auch zur Reduktion von Metalloxiden verwendet. Das künstlich hergestellte Isotop Zer-146 wird im Gemisch mit Praseodym-144 als kombinierte β -Strahlungsquelle zur berührungslosen Dickenmessung verwendet.

Zerverbindungen. **Zer(III)-fluorid** (Zertrifluorid), CeF₃, farblose Kristalle, verwendet zum Imprägnieren von Dochtkohlen für Lichtbogenlampen und von Filtertüchern; **Zer(III)-oxalat**, Ce₂(C₂O₄)₃ · 9 H₂O, ein weißes Pulver, dient in der Medizin als Mittel gegen Erbrechen; **Zer(IV)-oxid** (Zerdioxyd), CeO₂, weißgelbliches Pulver, verwendet zum Färben und Entfärben von Glas, zur Herstellung spezieller optischer Gläser sowie als Katalysator; **Zer(IV)-verbindungen** dienen in der **Zerimetrie**, einer oxydimetrischen Methode der Volumetrie, als Oxydationsmittel.

Zeresin, gereinigtes → Erdwachs.

Zerfallsreihen, → Radioaktivität.

Zerhacker, ein elektrisches Gerät zur Umwandlung niedriger Gleichspannungen (bis etwa 250 V) in Wechselspannung der üblichen technischen Frequenzen (20 bis 100 Hertz). Sein wesentlichster Teil ist ein Umschaltkontakt, der durch einen magnetischen Selbstunterbrecher (→ Unterbrecher) betätigt wird. Wegen des Verschleißes infolge von auftretender Funkenbildung baut man den Z. leicht auswechselbar. Außerdem wird er zur Vermeidung von Funkstörungen vollständig abgeschirmt. Der Z. ist der wichtigste Teil der Wechselrichter, die lediglich zusätzliche elektrische Schaltmittel zur Verbesserung der Eigenschaften besitzen.

Zerit, ein wasserhaltiges, silikatisches Zermineeral, etwa (Ca, Fe) Ce₃ H ([OH]₂[SiO₄Si₂O₇]). Z. enthält bis zu 65 % Seltenerdmetalle (Lanthan, Disprosium), z. T. Aluminium.

Zeriterde, → Seltenerdmetalle.

Zerkleinern, das Zerlegen fester Stoffe in kleinere Teile durch vorwiegend mechanische Beanspruchung, z. B. durch Druck, Scherung, Schlag, Prall, Reibung, Spalten, Schneiden. Ziel des Z.s ist die Herstellung einer geeigneten Körnung als Zwischenprodukt (z. B. zur chemischen Weiterverarbeitung) oder als absatzfähiges Fertigprodukt (z. B. Zement). Je nach der Härte des Stoffes unterscheidet man Hart-, Mittelhart- und Weichzerkleinerung, nach dem Zerkleinerungsgrad Brechen (Grobzerkleinern mittels Brechern), Mahlen (Feinzerkleinern mittels Mühlen), Schleifen u. a., nach dem Feuchtigkeitsgehalt Trocken- und Naßzerkleinerung. (Abb.)

Zer-Mischmetall, eine Legierung der Seltenerdmetalle, bestehend aus 45 bis 52 % Zer, 20 bis 27 % Lanthan, 15 bis 18 % Neodym, 3 bis 5 % Praseodym, 1 bis 3 % Samarium, etwa 3 % Terbium und Yttrium, etwa 5 % der restlichen Seltenerdmetalle, bis zu 5 % Eisen und Spuren von Aluminium, Kalzium und Silizium. Z.-M. ist die Form, in der die Seltenerdmetalle meist verwendet werden. Zusätze von Z.-M. zu Stahlschmelzen wirken stark desoxydierend, entschwefelnd und entgasend; sie verbessern die Dehnbarkeit, Fließeigenschaft, Gießeigenschaft, Porenfreiheit, Schlagfestigkeit, Schweißbarkeit und Warmverformbarkeit des Stahles. Rostfreie und legierte Stähle zeigen nach einem Zusatz von Z.-M. z. T. neue mechanische Eigenschaften. Von besonderer Bedeutung ist die Verwendung von Leichtmetalllegierungen mit dem Zusatz von Z.-M. im Flugzeug-, Raketen- und Fahrzeugbau. Für Strahltriebwerke eignen sich besonders wärmefeste Magnesiumlegierungen mit 3 % Z.-M., 0,25 bis 0,6 % Zirkonium.

Zerreiβversuch, svw. → Zugversuch.

Zerroptik, svw. → Anamorphot.

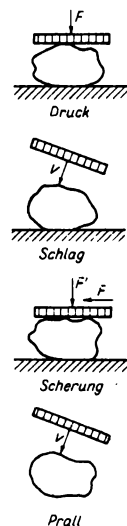
Zerrüttung, svw. → Ermüdung.

Zersetzungsspannung, Mindestspannung zur → Elektrolyse.

Zerspanen, **Zerspantechnik**, Sammelbegriff für Vorgänge und Zusammenhänge bei der Gestaltänderung von Werkstücken durch Abtrennen von Werkstüchschichten in Form von Spänen infolge mechanischer Einwirkungen von Zerspanspannungswerkzeugen als Träger eines Schneidkeiles mit Schneidkanten. Zum Abtrennen des Spanes ist eine Schnittbewegung als Relativbewegung zwischen Werkzeugschneide und Werkstüchsolfläche erforderlich, die eine einmalige Spanabnahme während einer Umdrehung oder bei einem Hub des Werkstückes bewirkt. Zur Bildung einer geforderten Werkstüchfläche durch Abspanen einer Werkstüchschicht sind meist zusätzlich Vorschubbewegungen erforderlich, so daß dann eine mehrmalige oder kontinuierliche Spanabnahme ausgeführt werden kann. Für die Bildung der geometrisch definierten Werkstüchsolfläche, z. B. Ebene, Kreiszylinderfläche, Schraubenfläche, Evolventenfläche, Vorschub, gibt es nach F. Bredendick unter Berücksichtigung der geometrischen Elementarwirkungen zwischen Werkzeugschneide und Werkstüchsolfläche vier grundsätzliche Möglichkeiten, so daß ein Viergruppensystem gebildet werden kann.

Eine Sonderart des Z.s ist das → Warmzerspanen.

Lit. Abendroth u. Menzel: Grundlagen der Zerspanspannlehre, Bd I (Leipzig 1960); Kronenberg: Grundlagen der Zerspanspannlehre, 2 Bde (Berlin, Göttingen, Heidelberg, Bd I 1954, Bd II 1963); Schallbroch u. Bethmann: Kurzprüfverfahren der Zerspanspann (Leipzig 1950); Degner: Spanende Formung (Berlin 1965).



Zerkleinern: F und F' Kräfte, die bei Druck und Scherung wirken; v Geschwindigkeit, mit der bei Schlag und Prall die Zerkleinerungswerkzeuge auf die zu zerkleinernden Körper einwirken

Zerstäuben, das Feinverteilen von Flüssigkeiten durch Versprühen. Durch die Feinverteilung wird die Erzeugung einer möglichst großen Oberfläche zur Beschleunigung von Wechselwirkungen zwischen zerstäubter flüssiger Phase und umgebender Gasphase angestrebt, z. B. bei der Herstellung von Ammoniumsulfat durch Zersprühen von flüssiger Schwefelsäure in gasförmigen Ammoniak. In anderen Fällen wird durch Z. eine möglichst feine Verteilung des flüssigen Mediums auf eine große Fläche angestrebt, z. B. bei der Flüssigdüngung. Das Z. einer Flüssigkeit kann auch zum Binden und Niederschlagen feiner Stäube dienen. Häufig wird das Z. auch beim Trocknen angewendet.

Zum Z. nach mechanischen Verfahren werden z. B. verwendet: **Druckzerstäuber** oder **Flüssigkeitsdruckdüsen** (die Flüssigkeit wird mit Drücken von 30 bis 70 at durch Düsen mit etwa 0,3 bis 4 mm Bohrung zerstäubt), **Druckluftzerstäuber** oder **Zweistoffdüsen** (die Flüssigkeit wird durch Druckluft, die mit einer Geschwindigkeit von 100 bis 250 m/s aus der Düse austritt, mitgerissen und zerstäubt), **Fliehkraftzerstäuber** oder **Zentrifugalscheiben** (die Flüssigkeit wird auf Grund sehr hoher Umfangsgeschwindigkeiten — bis zu 250 m/s — von den rotierenden Scheiben abgeschleudert).

Das Z. kann auch auf elektrostatischem Wege erfolgen. Dabei wird zwischen der Düse und einer Gegenelektrode ein hohes elektrisches Potential angelegt.

Lit. → Verfahrenstechnik.

Zerstäubungstrocknung, → Trockner.

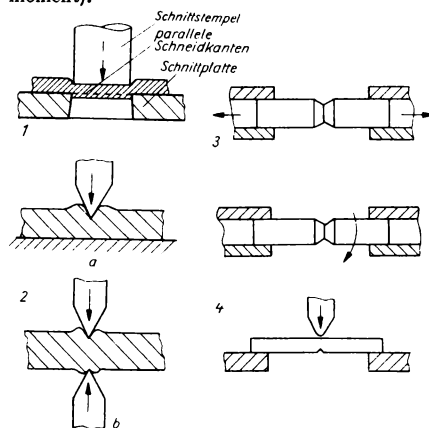
Zerstörer (Tafel 12), ein mittelgroßes Mehrzweckkriegsschiff, das vor allem zur U-Boot-Jagd und Schnellbootabwehr, ferner zu Angriffen auf Überwasserschiffe, zur Aufklärung und zum Geleitschutz eingesetzt wird. Z. erreichen Geschwindigkeiten bis zu 40 kn (Knoten), das Displacement beträgt bis 5000 ts (tons). Der Antrieb erfolgt durch Dampfturbinen, die Besatzung beträgt bis 600 Mann. Die Bewaffnung besteht aus Artilleriegeschützen (**Artillerie-Zerstörer**), 6 bis 10 Torpedorohren (**Torpedo-Zerstörer**) oder Raketen (**Raketen-Zerstörer**, in vielen Flotten stark verbreitet). Außerdem verfügen Z. über Fla-Waffen (auch Luftabwehrraketen), Unterseebboot-Abwehrmittel (U-Abwehrraketen, U-Abwehrtorpedos und reaktive Wasserbomben) und sind in der Regel mit einem Hubschrauber zur Aufklärung und U-Boot-Jagd ausgerüstet.

Zerstrahlung, → Paarbildung.

Zerstreuungskreis, ein mehr oder weniger großer Lichtfleck, der bei der Abbildung eines punktförmigen Objekts durch ein optisches System entsteht. Er entsteht teils infolge der Abbildungsfehler, die bei jedem optischen System auftreten, und teils durch die Beugung des Lichts bei der Bündelbegrenzung (Blende oder Linsenfassung). Der Z. kann noch dadurch vergrößert werden, daß sich der abzubildende Gegenstand nicht genau in der Einstellenebene befindet.

Zerteilen, eine Gruppe von Fertigungsverfahren zum mechanischen Trennen von festen Werkstücken (aus Metallen, Papier, Gummi, Leder, Kunststoff, Textilien u. a.) in Stücke mit bestimmter Gestalt ohne Anfall von Spänen, Fasern oder ähnlichen formlosen Stoffteilen. Man unterteilt in Scher- und Keilschneiden. Das **Scherschneiden** (Tafel 30), kurz als **Schneiden** bezeichnet, erfolgt zwischen Werkzeugen mit parallelen oder kreuzenden Schneidkanten ohne wesentliche Verdrängung des Werkstoffes. Zum Scherschneiden gehören → Ausschneiden, → Lochen, → Abschneiden, → Einschnitten und → Ausklinken. Das **Keilschneiden** erfolgt durch einen Keil (**Messerschneiden**) oder auch zwei eindringende Keile (**Beißschneiden**) mit Werkstoff-

verdrängung. Weitere Zerteilverfahren sind **Reißen** oder **Abreißen** (Trennen durch eine Zugkraft) und **Brechen** (Trennen durch ein Biegemoment).



Zerteilen: 1 Scherschneiden mit parallelen Schneidkanten, 2 Keilschneiden: a Messerschneiden, b Beißschneiden, 3 Reißen, 4 Brechen

Zerussit, **Weißbleierz**, ein Mineral, PbCO_3 ; rhombisch, häufig Kristalle, manchmal stenglig, weiß, grau, gelb, braun, schwarz, Härte nach Mohs 3 bis 3,5, D. 6,4 bis 6,6 g/cm³. Z. entsteht meist in der Oxydationszone von sulfidischen Blei-Zink-Lagerstätten.

Zetanzahl, abg. **CaZ**, Vergleichszahl für die Zündfreudigkeit von Dieseldieselfkraftstoffen. Zu ihrer Messung verwendet man Einzylinder-Dieselmotoren, deren Verdichtung durch eine besondere Vorrichtung veränderlich ist. Die Messung beruht auf einem Vergleichsverfahren zwischen dem zu prüfenden Kraftstoff und dem Eichkraftstoff, einem Gemisch aus Zetan und α -Methylnaphthalin. Dabei hat das zündwillige Zetan $\text{C}_{14}\text{H}_{14}$, die Z. 100 und das zündträge α -Methylnaphthalin C_{10}H_8 , die Z. 0. Der Zetanzahlbedarf eines Motors ist von seiner Bauweise abhängig (Verdichtung, Ausbildung des Verbrennungsraumes, Anordnung der Einspritzaggregate). Die Z. von 10 bis 40 gelten für langsam laufende, meist ortsfeste Dieselmotoren oder für Schiffsmaschinen, Z. von 40 für schnell laufende Dieselmotoren, besonders Fahrzeugmotoren.

Früher wurde die **Zetanzahl**, abg. **CaZ**, ermittelt, wobei an Stelle von Zetan Zeten $\text{C}_{14}\text{H}_{18}$, ebenfalls in Verbindung mit α -Methylnaphthalin, verwendet wurde.

Zetteln, in der Weberei ein Arbeitsgang zur Bildung der Kette für Stapelwaren. Eine große Anzahl Fäden, die von einem Spulengatter (**Zettelgatter**) kommt, wird auf der **Zettelmachine** mit geringer Fadendichte parallel auf den Zettelbaum, einen walzenförmigen Körper mit Seitenscheiben, aufgewickelt. Die Fäden von mehreren Zettelbäumen werden auf der Schlichtmaschine (→ Schlichten) oder einer Bäummaschine zum Kettbaum vereinigt, mit der dem Gewebe entsprechenden Kettfadendichte (Bäumen).

Zetter, **Heuzetter**, eine meist am Traktor angebaute oder angehängte zapfwellengetriebene Maschine zum Zetten (Ausbreiten und Auflockern) von in Mähswaden liegendem Grün- gut, um den natürlichen Trocknungsvorgang zu beschleunigen. Beim **Trommelzetter** ergreift eine mit Federzinken besetzte Trommel das Gut und wirft es nach hinten weg. Der **Rüttelzetter** hat hin- und hergehende Zinken. Zum Zetten können auch → Heuvelfachgeräte verwendet werden.

Zetylalkohol, ein \rightarrow Fettalkohol.

Zeugdruck, \rightarrow Druckerei.

Zeugschnitt, \rightarrow Schriftgießen.

ZF, Abk. für \rightarrow Zwischenfrequenz.

Zickzackofen, \rightarrow Ringofen.

Zickzackschaltung, eine besondere Schaltungsart der Sekundärwicklung von Dreiphasentransformatoren, \rightarrow Transformator.

Ziegel, aus Ton, Lehm oder tonigen Massen mit oder ohne Zusatz von anderen Stoffen (Magerungs- und Flußmittel) geformte und gebrannte Steine, die als Baustoffe zur Herstellung von Mauerwerk, Decken, Fußböden, Schornsteinen u. a. dienen. Nach TGL 10150, Blatt 1 unterscheidet man z. B. Mauerziegel, Deckenziegel und \rightarrow Dachziegel; über Klinkermauerziegel \rightarrow Klinker. (Abb.)

Bei den **Mauerziegeln** unterscheidet man **Mauervollziegel** ($\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ und Druckfestigkeit 100 oder 150 kp/cm^2), die verputzt werden müssen, und **Vormauerziegel** ($\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ und Druckfestigkeit 150 kp/cm^2), die ohne Verputz verwendet werden. Vormauerziegel mit einer Druckfestigkeit von 250 kp/cm^2 werden auch als **Hartbrandziegel** bezeichnet. Voll- und Vormauerziegel müssen frostbeständig sein, d. h., sie sollen eine geringe Sättigungsfähigkeit besitzen. Unter Sättigungsfähigkeit S versteht man das Verhältnis der Wasseraufnahme nach dreitägiger Wasserlagerung bei Zimmertemperatur zur maximal möglichen Wasseraufnahme ($S > 0,9$ frostgefährdet, $S = 0,8$ bis $0,9$ frostempfindlich, $S < 0,8$ frostsicher).

Man unterscheidet ferner **Vollziegel** und **Hohlziegel**. Die Dichte (ρ) der Vollziegel beträgt 1800 kg/m^3 , die Druckfestigkeit 100 und 150 kp/cm^2 , die Dichte der Hohlziegel 1200 und 1400 kg/m^3 , die Druckfestigkeit 60 und 100 kp/cm^2 . Bei den Hohlziegeln unterscheidet man **Langlochziegel** mit Hohlräumen gleichlaufend zur Lagerfläche und **Hochlochziegel** mit Hohlräumen senkrecht zur Lagerfläche. Infolge ihrer geringeren Wärmeleitfähigkeit wirken Hohlziegel gut wärmedämmend, jedoch ist ihre mechanische Festigkeit ebenfalls geringer (Grenze 40 kp/cm^2). Das porige Gefüge erreicht man außer durch Herstellung von Lochziegeln auch durch Ausbrennstoffe, z. B. Rohbraunkohle, Briкетabrieb oder Sägemehl, oder durch Zugabe von Schaumstoffen wie Seife oder Saponin (**Porenziegel**). Die Schaumstruktur erhöht die mechanische Festigkeit; derartige Erzeugnisse dienen als Wärmeschutzstoffe.

Herstellung. Der Grubenton wird aufgeschlos sen (Wintern, Sumpfen, Mauken), zerkleinert (Kollergang, Walzwerk), gemischt (Kastenbe chicker, Tonraspeler, Wellenmischer) und verformt (Streichmaschine, Strangpresse, Vakuum presse). Von dem geformten fortlaufenden Tonstrang werden nach Austritt aus dem Mundstück die Formlinge automatisch abgeschnitten und auf Trockengestelle abgestellt. Um bei der anschließenden Trocknung Rißbildung zu vermeiden, werden Magerungsmittel (Sand, Ziegelmehl) zugesetzt. Die Trocknung erfolgt heute in modernen Durchlauftrocknern oder Mehrkammer trockenanlagen. Das Brennen bei 900 bis 1100 °C erfolgt in Hoffmannschen Ringöfen, Zickzacköfen oder Tunnelöfen. Die Brennfarbe der Ziegel ist von den beigemengten Oxiden abhängig. Eisenoxide erzeugen, je nach Menge, eine rote bis braune oder gelbliche Farbe.

Das neue Ziegelsteinformat (Normalformat, abg. NF) beträgt $240 \times 115 \times 52 \text{ mm}$, daneben $1\frac{1}{2} \text{ NF} = 240 \times 115 \times 113 \text{ mm}$ und $2\frac{1}{2} \text{ NF} = 240 \times 175 \times 113 \text{ mm}$.

Lit. Avenhaus: Mechanische Ziegelherstellung (Halle 1953); Richter: Fachkunde für Ziegler am Ringofen (Leipzig 1952); Hütter: Bindemittel-, Naturstein- und Ziegelindustrie, neue Baustoffe (Berlin 1963).

Ziegelbauweise, eine monolithische Bauweise unter Verwendung von Ziegeln. Über das Ausführen von Ziegelbauten \rightarrow Mauerwerk. Werden die Ziegel nicht verputzt, spricht man von Backsteinbau (norddeutsche Backsteingotik – Dome, Rathäuser). In neuerer Zeit wird die Z. wegen des damit verbundenen höheren Arbeitsaufwandes mehr und mehr durch die \rightarrow Montagebauweise verdrängt.

Zieglerisches Verdünnungsprinzip, \rightarrow Zyklisierung.

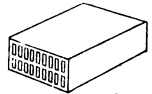
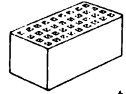
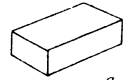
Ziehen, in der Fertigungstechnik Sammelbezeichnung für \rightarrow Blechziehen und \rightarrow Strangziehen.

Ziehklinge, ein \rightarrow Schaber.

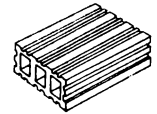
Ziehschleifen, **Honen**, ein spanendes Feinbearbeitungsverfahren mit einem vielschneidigen Werkzeug aus gebundenem Korn. Beim Z. besteht zwischen Werkstück und Werkzeug eine ständige Flächenberührung. Zwischen Werkzeug und Werkstück findet ein periodischer Richtungswechsel der Längsbewegung statt. Nach der Hublänge kann man unterscheiden zwischen **Langhub-Ziehschleifen** (**Langhubhonen**) und **Kurzhub-Ziehschleifen** (**Kurzhubhonen**, bisher Superfinish oder Schwingschleifen genannt), nach Form und Lage der Bearbeitungsstellen am Werkstück und den Möglichkeiten der Maschinen zwischen **Innen-Ziehschleifen** und **Außen-Ziehschleifen**. Das Werkzeug (beim Langhub-Ziehschleifen), eine Ziehschleifahl aus 3 bis 10 eingesetzten Ziehschleifsteinen aus Elektrokorund, Siliziumkarbid oder Diamant, rotiert und wird gleichzeitig in der Bohrung auf- und abbewegt. Ein Schleifkorn der Ziehschleifahl bewegt sich dabei auf einer Dreiecksbahn. Die Zustellung der Ziehschleifahl kann kraftschlüssig (Federn) oder formschlüssig (Keil) erfolgen. Die erreichbare Oberflächengüte beträgt 0,002 mm.

Das Langhub-Ziehschleifen wird angewendet bei der Bearbeitung von kurzspanenden Werkstoffen, z. B. Guß, Bronze, Messing, Aluminium, Kunststoff, Glas, bei geglähten, vergüteten oder gehärteten Stählen sowie bei gehärteten Teilen mit hohem Chromgehalt oder bei verchromten Oberflächen. Es werden vornehmlich Senkrecht-Ziehschleifmaschinen (Tafel 29) eingesetzt. Beim Kurzhub-Ziehschleifen sind z. Z. Hübe bis 10 mm üblich. Das Innen-Ziehschleifen erfolgt auf Vertikalmaschinen (meist als Zusatzeinrichtung bei Langhub-Ziehschleifmaschinen), das Außen-Ziehschleifen auf Horizontalmaschinen. Für das Innen-Ziehschleifen werden Werkzeuge der gleichen Form wie beim Langhub-Ziehschleifen verwendet. Beim Außen-Ziehschleifen soll die Steinbreite bei der Bearbeitung zylindrischer Werkstücke so gewählt werden, daß ein Winkel von 40 bis 60° des Werkstückumfangs umfaßt wird, bei größeren Werkstückdurchmessern werden mehrere Steine in einer Brücke angeordnet. Im Gegensatz zum Langhub-Ziehschleifen führen das Werkstück beim Kurzhub-Ziehschleifen eine Drehbewegung und das Ziehschleifwerkzeug eine schwingende Bewegung aus. Die Schwingfrequenz liegt im Bereich von 700 bis 2500 Doppelhuben/min. Kurzhubeinrichtungen oder -maschinen arbeiten mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch; letztere lassen sich schneller umsteuern.

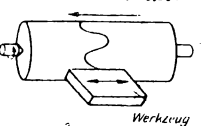
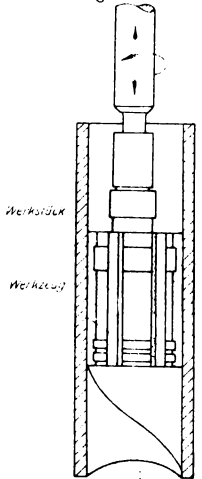
Zielfernrohr, ein terrestrisches \rightarrow Fernrohr geringer Vergrößerung, das als Visiereinrichtung auf Handfeuerwaffen (Gewehre für Scharfschützen, Jagdgewehre) angebracht ist. Es ermöglicht ein genaues Zielen auf größere Entfernungen und in der Dämmerung, wenn die üblichen Visiereinrichtungen nicht mehr ausreichen. Das Z. ist mit Umkehrlinse oder Umkehrprisma versehen und enthält im gemeinsamen Brennpunkt von Objektiv und Okular eine Zielmarke. Der Vorzug des Z.s besteht neben der Vergrößerung darin,



1 Mauerziegel: a Vollziegel, b Hochlochziegel, c Langlochziegel



2 Deckenziegel



Ziehschleifverfahren: 1 Innenziehschleifen, 2 Außenziehschleifen

daß ohne Akkommodationsänderung Visiermarke und Ziel gleich scharf gesehen werden.

Zielflug, → Navigation.

Zielfluggerät, ein → Funkpeiler.

Zielschlenkung, → Fernlenkung, → Raketenwaffen.

Ziffer, ein Zahlzeichen. Die Z.n dienen zur schriftlichen Darstellung von Zahlen. Jede Z. besitzt einen bestimmten Zahlenwert sowie in einem → Stellenwertsystem noch einen besonderen Stellenwert. Die heute verwendeten Z.n 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9 gehen auf die Inder zurück.

Die Römer hatten 7 einfache Zahlzeichen: I = 1, V = 5, X = 10, L = 50, C = 100, D = 500, M = 1000. Stehen gleiche Zeichen nebeneinander, so werden sie zusammengezählt: XX = 20, CC = 200. Kleinere Zahlen rechts neben einer größeren werden dieser zugezählt, z. B. LX = 60, kleinere Zahlen links von ihr abgezogen, z. B. XL = 40.

Ziffernrechenautomat, svw. → Digitalrechenautomat.

Zimmererverbindungen, → Holzverbindungen.

Zimtsäure, β -Phenylakrylsäure, $C_6H_5-CH=CH-COOH$, eine aromatische Karbonsäure. Die gewöhnliche Z. (trans-Zimtsäure) kristallisiert in Blättchen (F. 136 °C). Daneben gibt es noch die Allozimtsäure und zwei Isozimtsäuren. Die Z. kommt frei und verestert in ätherischen Ölen und Harzen, z. B. im Styrax, Peru- und Tolubalsam, vor. Synthetisch erhält man sie z. B. durch Kochen von Benzaldehyd, Essigsäureanhydrid und Kaliumazetat (Perkinsche Synthese). Die Ester der Z., die ebenso wie die Salze **Zinnamate** heißen, werden vor allem in der Parfümerie verwendet.

Zink, Symbol Zn, chemisches Element aus der II. Nebengruppe des Periodensystems, Schwermetall; Ordnungszahl 30, Massenzahlen der stabilen Isotope 64, 66, 68, 67 und 70, Atomgewicht 65,37 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II, D. 7,14 g cm $^{-3}$, F. 419,5 °C, Kp. 907 °C. Z. war bereits im Altertum in Indien und China bekannt, Henkel und Marggraf stellten es 1721 bzw. 1746 her. Es ist ein bläulich-weißes Metall von starkem Glanz, der an feuchter Luft durch Oberflächenoxydation allmählich verschwindet. Bei Zimmertemperatur ist Z. ziemlich spröde, wird jedoch zwischen 100 und 150 °C so weich und dehnbar, daß man es zu Draht ausziehen und zu Blech auswalzen kann. Über 200 °C wird Z. wieder spröde, so daß es sich pulvern läßt. Die mechanischen und chemischen Eigenschaften des Z.s werden durch Verunreinigungen erheblich beeinflußt. Nach Dampfdichtebestimmungen ist der Zinkdampf einatomig. In Säuren und Alkalilauge ist Z. unlöslich. Mit Luft kann Zinkstaub explosive Gemische bilden.

Z. kommt in der Natur nur in gebundener Form an vielen Stellen der Erde vor. Die wichtigsten und häufigsten Zinkerze sind Sphalerit und Smithsonit. Weiter kommt Z. z. B. in Hemimorphit, Franklinit und Zinkit vor. Als Spurenelement ist Z. auch in Böden und Pflanzen enthalten. Zur Gewinnung des Z.s geht man von Zinkoxid aus. Beim Destillationsverfahren wird ZnO bei 1200 bis 1400 °C mittels gemahlener Kohle in liegenden Muffeln oder im *New-Jersey-Verfahren* mit Kohle und einem Bindemittel in Form von Briketts in stehenden Muffeln aus Siliziumkarbid reduziert. Das entstehende dampfförmige Z. destilliert bei ersterem Verfahren in kleinere Vorlagen, in denen es sich zum flüssigen Metall kondensiert. Der restliche nichtkondensierte Zinkdampf schlägt sich in Eisenblechkannen (Tuten, Allongen) als Zinkstaub nieder. Die Raffination des Rohzinks erfolgt durch Seigerung (**Hüttenzink** mit 97,5 bis 99,5 % Zn) oder durch fraktionierte Destillation (**Feinzink** mit 99,975 bis

99,995 % Zn). Beim Elektrolyseverfahren (Tafel 27) wird das Röstgut mit Schwefelsäure ausgelaugt und das Z. nach Abtrennung aller Verunreinigungen aus der Lösung durch Elektrolyse abgeschieden. Das **Elektrolytzink** (abg. **E-Zink**) ist der Reinheit nach Feinzink. Neuerdings ist auch die Gewinnung von Z. im Schachtofen möglich.

Z. wird vielseitig verwendet, besonders in Form von Blechen, Rohren und Draht sowie zum → Verzinken. Es eignet sich ferner zur Herstellung vieler Gegenstände aus Zinkgußmetall und von galvanischen Elementen. Zinkstaub dient als Reduktionsmittel und ergibt als Eisenanstrichfarbe einen wirksamen Rostschutz. In der Metallurgie verwendet man Z. beim Parkesieren zum Entsilbern von Blei und bei der Zyanidlaugung zur Goldausfällung. Wichtig sind die Legierungen von Z. mit Al, Cu, Mg, Mn, Li oder Ti (→ Deltametall, → Duranametall, → Messing, → Muntzmetall, → Neusilber, → Nickelin).

Zinkverbindungen. **Zinkazetat**, $Zn(CH_3COO)_2$, farblose Oktaeder, verwendet als Flammenschutzmittel in der Textilindustrie, als Beizmittel und in der Medizin als Gurgelwasser und als Waschwasser bei Hautkrankheiten; **Zinkchlorid**, $ZnCl_2$, hygroskopisches, an feuchter Luft zerfließliches weißes Pulver, verwendet als Holzimprägnierungsmittel, als Metallbeizmittel, zum Raffinieren in der Ölindustrie, zur Herstellung von Aktivkohle und Leclanché-Elementen, im Zeugdruck, in der Medizin u. a.; **Zinkoxid**, ZnO, farblose Kristalle oder weißes, in der Hitze gelbes Pulver, kommt in der Natur als Zinkit vor, verwendet als **Zinkweiß** als Malerfarbe, ferner als Pigmentbestandteil bei Ölfarben, beim Papier- und Tape-tendruck, als Zusatz bei der Glas- und Kautschukfabrikation, für Putzmittel, als Puder und Pasten für kosmetische Zwecke, als Katalysator, in der Medizin als Streupulver und für Salben; **Zinksulfat**, $ZnSO_4$, ein weißes Pulver oder rhombische Kristalle, das Heptahydrat $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ wird auch als **Zinkvitriol** bezeichnet, verwendet im Zeugdruck, in der Zeugfärberei, zur Herstellung von Lithopone, zum Imprägnieren von Holz und Häuten, als Spinnbadzusatz, in der Galvanostegie und in der Medizin; **Zinksulfid**, ZnS, ein weißes Pulver, verwendet als Weißpigment zusammen mit Bariumsulfat und als Grundverbindung für Leuchtstoffe.

Lit. Berg u. Sommerlatte: Blei und Z. (Stuttgart 1950); Loskutov: Metallurgie des Z.s (2. Aufl. dtsh. Halle 1953); Stöhn: Allgemeine Betrachtungen über Zinkgewinnungsverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Schachtofenentzinkung (Berlin 1960); Tafel: Lehrb. der Metallhüttenkunde, Bd 2 (2. Aufl. Leipzig 1953); Wolf: Zink-ABC (Berlin 1950).

Zinkätzung, → Strichätzung, → Autotypie.

Zinkblende, svw. → Sphalerit.

Zinkdruck, ein direktes Flachdruckverfahren, bei dem Zinkplatten als Druckformenträger verwendet werden, → Druckverfahren.

Zinkspat, svw. → Smithsonit.

Zinkung, → Holzverbindungen.

Zinn, Symbol Sn [von lateinisch stannum], chemisches Element aus der IV. Hauptgruppe des Periodensystems, Schwermetall; Ordnungszahl 50, Massenzahlen der Isotope 120, 118, 116, 119, 117, 124, 122, 112, 114 und 115. Das Isotop ^{114}Sn ist radioaktiv und zerfällt mit einer Halbwertszeit von $1,5 \cdot 10^{17}$ Jahren. Atomgewicht 118,69 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II, IV, D. 7,28 g cm $^{-3}$, F. 231,85 °C, Kp. 2362 °C; eines der ältesten bekannten Metalle. Z. ist silberweiß glänzend, von geringer Härte, aber großer Dehnbarkeit, so daß man es zu dünnen Blättchen (**Blattzinn**, **Zinnfolie**, **Stanniol**) auswalzen kann. Bei 100 °C läßt es sich zu Draht ausziehen. Z. kommt in drei Modifikationen vor: Aus der Schmelze kristallisiert gewöhnlich das normale weiße β -Zinn, das sich oberhalb 162 °C in sehr sprödes γ -Zinn

umwandelt. Beim Abkühlen unter 13,2 °C entsteht α -Zinn, das bei anhaltender großer Kälte zu Pulver zerfällt (**Zinnpest**). Beim Biegen eines Zinnstabes tritt durch die Reibung der Kristalle aneinander ein knirschendes Geräusch auf, der „Zinnschrei“. Bei Zimmertemperatur ist Z. gegen Wasser und Luft beständig, bei starkem Erhitzen verbrennt es an der Luft zu Zinndioxid (**Zinnasche**). Das fast einzige und wichtigste Zinnerz ist Kassiterit. Nach der Anreicherung erhält man Erzkonzentrate mit 60 bis 90 % Zinndioxydgehalt, aus denen man das Metall durch reduzierendes Schmelzen mit Koks in Schacht- oder Flammöfen gewinnt. Die Raffination erfolgt z. T. in Öfen, z. T. auch durch Elektrolyse, wobei man ein 99,95 %iges **Elektrolytzinn** (abg. **E-Zinn**) erhält. In neuester Zeit löst man das erschmolzene Produkt auch in Ferrosilizium, aus dem sich nach dem Erstarren eine Fe-Si-Legierung abscheidet, während reines Z. zurückbleibt. In der DDR arbeitet man auch einheimische Erzkonzentrate nach dem Wälzverfahren über Zinnsulfid auf. Wichtig ist ferner die Wiedergewinnung aus Weißblechabfällen, die mit flüssigem Chlor behandelt werden. Bei dieser Chlor-entzinnung wird das Eisen nicht angegriffen, während Z. in Lösung geht und abdestilliert werden kann. Der größte Teil der Zinnproduktion dient zum Verzinnten. Häufig werden Legierungen des Z. mit Pb, Sb und Cu verwendet. Die wichtigsten Zinnlegierungen sind die Zinnlote (\rightarrow Lot 5) und Zinnlagermetalle (\rightarrow Lagermetalle). Weiter sind bekannt \rightarrow Britanniametall, \rightarrow Lipowitsches Metall, \rightarrow Roses Metall, \rightarrow Wood-sches Metall und Zinnbronzen (\rightarrow Bronzen). Früher war Z. ein wichtiges Gebrauchsmetall (Geschirr, Kannen, Tuben u. a.), heute ist es jedoch weitgehend durch andere Werkstoffe, z. B. Aluminium, ersetzt.

Zinnverbindungen. **Zinn(II)-chlorid** (Zinndichlorid), SnCl_2 , eine weiße, fettglänzende Masse, als Dihydrat $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (**Zinnsalz**) farblose Kristalle, verwendet in der analytischen Chemie, als Beize im Zeugdruck, für Lackfarben, zur galvanischen Verzinnung und als Reduktionsmittel; **Zinn(IV)-chlorid** (Zinntetrachlorid), SnCl_4 , eine farblose, an der Luft rauchende Flüssigkeit, als Pentahydrat $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (**Zinnbutter**) weiße, zerfließliche Kristalle, verwendet als Beize in der Zeugfärberei, zum Beschweren von Seide, als Katalysator, Kondensationsmittel und zur Erzeugung künstlicher Nebel; **Zinn(II)-oxid** (Zinnmonoxid), SnO , ein schwarzbraunes Pulver, dient zur Emailleherstellung; **Zinn(IV)-oxid** (Zinndioxyd), SnO_2 , ein weißes Pulver oder farblose Kristalle, bildet als Säureanhydrid \rightarrow Stannat, kommt in der Natur als Kassiterit vor, verwendet zur Herstellung von weißen Glasuren und Emails, als Poliermittel u. a.; **Zinn(IV)-sulfid** (Zinndisulfid), SnS_2 , goldgelbe, glänzende Blättchen, dient als *Musiugold* zum unechten Vergolden; **Pinksalz** (**Ammoniumchlorostannat**, -zinnchlorid), $(\text{NH}_4)_2[\text{SnCl}_6]$, farblose Kristalle, technisch wichtig als Beize in der Färberei.

Lit. Tafel: Lehrb. der Metallhüttenkunde, Bd 2 (2. Aufl. Leipzig 1958).

Zinnabarat, **Zinnober**, das wichtigste Quecksilbermineral, HgS ; trigonal, rot bis blauschwarz, Härte nach Mohs 2 bis 2,5, D. 8,1 g cm^{-3} . Z. findet sich meist als Imprägnation in Schieferen, Sandsteinen und Dolomiten. Z. hat als Pigment keine Bedeutung mehr und dient nur noch zur Gewinnung von Quecksilber und Quecksilberverbindungen.

Zinnamate, die Salze und Ester der \rightarrow Zimtsäure.

Zinnober, svw. \rightarrow Zinnabarat.

Zinnstein, svw. \rightarrow Kassiterit.

Zinnwaldit, ein \rightarrow Glimmer.

Zinsrechnung, das Verfahren für die Berechnung von Zinsen, eine erweiterte Prozentrechnung, wobei die Zeitdauer des Zinsenslaufs berücksichtigt werden muß. Bei der bankmäßigen Z. wird bei uns der Monat zu 30, das Jahr zu 360 Tagen gerechnet:

$$k(\text{Kapital}) \cdot p(\text{Zinssatz}) \cdot t(\text{Zinstage})$$

$$100 \cdot 360$$

oder (umgeformt zur kaufmännischen Zinsformel)

$$= \frac{k \cdot t}{100} (\text{Zinszahl}) : \frac{360}{p} (\text{Zinsdivisor}).$$

Es gibt Tabellen, aus denen man die Zinsdivisoren für verschiedene p entnehmen kann.

Beispiel: 1250 M zu 3 % bringen in 120 Tagen

$$\frac{1250 \cdot 120}{100} : \frac{360}{3} = 12,50 \text{ M Zinsen.}$$

Die **Zinsseszinsen** sind Zinsen, die entstehen, wenn die Zinsen eines Kapitals innerhalb eines bestimmten Zeitraumes jedesmal zum Kapital hinzugeschlagen und mit diesem wieder verzinst werden. Das Anfangskapital a ist bei einem Prozentsatz p in einem Jahr angewachsen auf

$$k = a + \frac{ap}{100} = a \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right).$$

Setzt man $1 + \frac{p}{100} = q$, so erhält man bei jährlicher Anrechnung der Zinsen nach n Jahren durch Zinsseszinsen das Endkapital $k = a \cdot q^n$ (**Zinsseszinsformel**). Hieraus folgt, daß eine in n Jahren fällige

Schuld k den heutigen Wert (**Barwert**) $c = \frac{k}{q^n}$

$= k \left(\frac{1}{q}\right)^n$ hat. Diese Berechnung des Barwertes heißt **Diskontierung**; q wird **Verzinsungs-** oder

Aufzinsungsfaktor, $\frac{1}{q}$ **Abzinsungs-** oder **Diskontierungsfaktor** genannt. Eine Berechnung von Zinsseszinsen findet auch statt, wenn man den Endwert s von n gleichgroßen Spareinlagen a bestimmt, die am Anfang eines jeden Jahres eingezahlt werden. Am Ende des n -ten Jahres ist

$$s = aq \frac{q^n - 1}{q - 1} \quad (\text{Sparkassenformel}).$$

Zircaloy, eine Zirkonium-Legierung mit 1,5% Zinn, 0,3 % Eisen, Chrom und Nickel, Rest Zirkonium. Z. besitzt eine geringe Absorption für thermische Neutronen sowie eine hohe Korrosions- und Warmfestigkeit und wird als Hüllwerkstoff für Brennelemente in Kernreaktoren verwendet.

Zirkon, ein Mineral, $\text{Zr}(\text{SiO}_4)_2$; isomorph mit Thorit (ThSiO_4), daher enthält Z. manchmal bis 12 % ThO_2 , oft u. a. noch Zr und Uran; tetragonal, gelb bis rotbraun, Härte nach Mohs 7 bis 7,5, D. 3,9 bis 4,8 g cm^{-3} . Varietäten sind **Malakon** oder **Zyrtolith**, durch Kernzerfall isotropisierter Z., dunkel, radioaktiv; **Hyazinth**, gelbrot; **Jargon**, blaßgelb. Die letzteren beiden sind Edelsteine. Z. findet sich als akzessorischer Gemengteil in Eruptivgesteinen, in Nephelinsyeniten und in Seifen. Z. wird u. a. zur Herstellung von Zirkoniumdioxid ZrO_2 für feuerfeste und säurebeständige Laborgeräte verwendet, ferner in der Keramik.

Zirkonium, Symbol Zr, chemisches Element aus der IV. Nebengruppe des Periodensystems, Schwermetall; Ordnungszahl 40, Massenzahlen der Isotope 90, 94, 92, 91 und 96, Atomgewicht 91,22 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist IV, seltener II, III, D. 6,52 g cm^{-3} , F. 1860 °C, Kp. 3580 bis 3700 °C; 1787 erstmals als Zirkoniumdioxid von Klaproth isoliert, 1824 von Berzelius als pulveriges Metall dargestellt. Z. ist hochglänzend, stahlähnlich aussehend, verhältnismäßig weich, biegsam und hämmbar. In feinverteilter Form bildet es ein schwarzes Pulver. Z. löst sich leicht in Königswasser, Flußsäure und geschmolzenem Alkalihydroxid. Das technisch wichtigste

Zirkoniummineral ist Baddeleyit, häufiger, aber von geringerer Bedeutung, ist Zirkon. Fast alle Zirkoniumminerale enthalten Hafniumoxid. Reines, kompaktes Z. erhält man durch thermische Zersetzung von Zirkoniumtetrachlorid nach dem → Aufwuchsverfahren. Nicht kompaktes Metall stellt man durch Erhitzen von Zirkoniumtetrachlorid mit Natrium oder Magnesium im Vakuum her. Technisch gewinnt man Z. in kompaktem, unreinem Zustand durch Reduktion von Zirkoniumdioxid mittels Kohle unter Druck. Wegen der Beständigkeit gegen Säuren und Laugen wird Z. in Kondensationsapparaturen, Ventilen u. a. und als Werkstoff für Spindnisen verwendet. Weiter dient Z. z. B. zur Herstellung der Verbrennungskammern und der Zuführungsleitungen für hochkorrodierende Flüssigkeiten beim Raketen- und Düsenflugzeugbau, für Glühdrähte von Elektronenröhren, für chirurgische Instrumente und Ersatzteile (z. B. Klammern, Schädelplatten), in Photozellen, in Röntgenröhren, als StrahlungsfILTER, als Desoxydationsmittel beim Metallguß, als Reduktionsmittel u. a. Legierungen des Z. mit Nb, Sn, Fe (**Ferrozirkonium**), Cr und Ni werden z. T. für thermische Neutronen beim Bau von Kernreaktoren als Hüllmaterial für die Brennelemente eingesetzt.

Zirkoniumverbindungen. Zirkoniumboride, metallähnliche Verbindungen des Z. mit Bor von großer Härte, guter thermischer und elektrischer Leitfähigkeit sowie chemischer Widerstandsfähigkeit, verwendet als hochfeuerfeste Werkstoffe für metallurgische Zwecke und für den Bau von Strahltriebwerken und Raketen; **Zirkoniumhydride**, Verbindungen des Z. mit Wasserstoff, die keine genaue stöchiometrische Zusammensetzung aufweisen, verwendet als Moderatoren für Reaktoren, als Bindemittel zwischen nichtmetallischen Stoffen (z. B. Diamant, Karbid, Glas) und Metallen sowie im Gemisch mit anderen Stoffen als Aufschlagzünder in Leuchtgeschossen; **Zirkoniumnitrat**, $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, wasserklare Prismen, verwendet zur Herstellung von Blitzlicht; **Zirkoniumnitrid**, ZrN , sehr harte, silberähnliche Kristalle, verwendet zur Herstellung von hochfeuerfesten Werkstoffen; **Zirkonium(IV)-oxid** (**Zirkoniumdioxid**, auch **Zirkonerde** genannt), ZrO_2 , ein hartes, weißes Pulver, kommt in der Natur als Baddeleyit vor, dient wegen seiner außerordentlich guten thermischen und chemischen Widerstandsfähigkeit zur Herstellung von Schmelztiegeln und anderen feuerfesten Geräten, ferner zur Auskleidung von Öfen für höchste Temperaturen, als Isoliermaterial, als Katalysatorträger, als Schutzüberzug für thermisch hochbeanspruchte Werkstoffe, als Weißpigment (**Zirkonweiß**), in der Beleuchtungstechnik und Pharmazie; **Zirkoniumsilikat**, ZrSiO_4 , farblose oder farbige Kristalle, kommt in der Natur als Zirkon vor, verwendet für saure, hochfeuerfeste Werkstoffe.

Zirkulation, 1) Hydrodynamik: Linienintegral über Geschwindigkeitsvektor \vec{v} und Weg-element $d\vec{s}$ längs einer beliebigen geschlossenen Kurve in einem Strömungsfeld: $\Gamma = \oint \vec{v} \cdot d\vec{s}$. Die Γ dient als Maß für die Stärke eines Wirbels. Bei zirkulationsbehafteter Strömung um einen Körper wirkt auf diesen eine senkrecht zur Anströmrichtung stehende Kraft, der Auftrieb (→ Kutta-Joukowski'scher Satz).

2) Meteorologie: → Windsysteme.

zirkumpolar, in der Umgebung eines Pols befindlich. **Zirkumpolarsterne**, die Sterne, die für einen Beobachtungsort auf der Erde nicht unter dem Horizont verschwinden. An den geographischen Polen sind alle Sterne zirkumpolar, die vom jeweiligen Pol aus sichtbar sind; am Äquator gibt es keine. Für die Orte innerhalb der Po-

larkreise ist während eines Teils des Jahres auch die Sonne zirkumpolar.

Zitral, $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{C}(\text{H})-\text{CHO}$, ein ungesättigter Monoterpenaldehyd (Kp. 229 °C). Z. kommt in zahlreichen ätherischen Ölen vor, z. B. im Geranium-, Zitronen- und Lemongrasöl. Die Kondensation des Z. mit Azeton führt zum Pseudojonon. Man verwendet Z. in der Riechstoff-, Nahrungs- und Genußmittelindustrie.

Zitrin, eine Varietät des → Quarzes.

Zitronensäure, $\text{HOOC}-\text{CH}_2-(\text{OH})\text{C}(\text{COOH})-\text{CH}_2-\text{COOH}$, eine Hydroxytrikarbonsäure, farblose, prismenförmige Kristalle (F. 155 °C). Die Salze und Ester der Z. heißen **Zitrate**. Als dreibasige Säure bildet Z. drei Reihen von Salzen. In der Natur ist sie weit verbreitet, vor allem in Zitronen, ferner z. B. in Apfelsinen, Himbeeren und Johannisbeeren, des weiteren in menschlichen und tierischen Geweben, Körperflüssigkeiten, in niederen Organismen (Bakterien, Schimmelpilzen). Zur Gewinnung von Z. ging man früher von eingedicktem Fruchtsaft, meist von Zitronen, aus. Heute gewinnt man Z. hauptsächlich durch Gärung von Kohlenhydraten. Man verwendet Z. vor allem zur Bereitung von Limonaden und Zuckerwaren, zur Blutkonservierung, in der Textilindustrie zum Beizen von Geweben und im Kattundruck als Reservage, in Verbindung mit Vitamin-D-Präparaten zur Behandlung der Rachitis.

Im lebenden Organismus ist die Z. ein wichtiges Zwischenglied beim Endabbau der Kohlenhydrate. Der Abbauzyklus (**Zitronensäurezyklus**) wird durch spezifische Fermente gesteuert. Innerhalb seines Ablaufs entsteht Z. aus Oxalessäure und Essigsäure (über das Acetyl-Koferment A) und geht in der ersten Stufe durch Dehydratisierung in cis-Akonitssäure über. Nach einer Reihe von Zwischenverbindungen wird der Kreis geschlossen. Auch der Fettsäure- und Aminosäureabbau sind eng mit dem Zitronensäurezyklus verknüpft.

Zn, Symbol für → Zink.

Zodiakallicht, **Tierkreislicht**, eine schwache Lichterscheinung am nächtlichen Himmel, die sich längs der Ekliptik, also in der Tierkreiszone, hinzieht. Die hellsten Teile erstrecken sich bis zu jeweils 90° Abstand von der Sonne, sie sind daher nur kurz vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang sichtbar. Im Gegenpunkt der Sonne existiert eine weitere, aber geringere Aufhellung, der Gegenschein. Das Z. entsteht durch Streuung des Sonnenlichts an interplanetarer Materie, die vorwiegend in der Hauptebene des Planetensystems lagert.

Zodiakus m, der → Tierkreis.

Zölestin, ein Strontiummineral, SrSO_4 ; orthorhombisch, weiß, blau, braun; Härte nach Mohs 3 bis 3,5, D. 3,9 bis 4 g cm⁻³. Z. findet sich in Hohlräumen von kalkigen Sedimenten und von Gips.

Zölost, → astronomisches Instrument.

Zone, 1) Mathematik: der Teil der Oberfläche eines Rotationskörpers, der von zwei parallelen Kreisen begrenzt wird, deren Ebenen senkrecht zur Drehachse sind; z. B. die Kugelzone (Abb. → Kugel).

2) in der mathematischen Geographie ein durch bestimmte Parallelkreise begrenzter Streifen der Erdoberfläche (→ Erde), in der physischen Geographie ein vorwiegend breitenparallel angeordneter Landschaftsgürtel der Erde (Tundra, Taiga, Steppe, Wüste u. a.).

3) Meteorologie: → Klima.

4) Geologie: → System.

5) Kristallographie: → Kristall.

Zonenschmelzverfahren, ein Verfahren zur Hochreinigung von Metallen, Halbleitern, an-

organischen und organischen Verbindungen sowie zur Einkristallzüchtung und zur definierten Verteilung von Fremdstoffen (Zonenlegieren). Seine größte technische Bedeutung hat das Z. für die Raffination elementarer Halbleiter, wie Silizium und Germanium, und halbleitender Verbindungen, wie GaAs, InSb. Die Reinigungswirkung beruht darauf, daß sich beim Erstarren einer Schmelze die Konzentration der Verunreinigungen im Festkörper von der der Schmelze unterscheidet. In dem in Stabform vorliegenden, zu reinigenden Material wird eine schmale Zone aufgeschmolzen und durch die Bewegung der Heizeinrichtung durch den Stab gezogen. Ist die Konzentration der Verunreinigungen im Festkörper kleiner als in der Schmelze, so verbleiben diese in der schmelzflüssigen Zone und wandern mit dieser zum Stabende. Durch das mehrmalige Hindurchwandern einer flüssigen Zone durch den Stab in derselben Richtung kann die Reinheit des Stabanfanges weiter erhöht werden. Der Stab wird nach der Beendigung des Verfahrens zerteilt; die erste Hälfte ist das gereinigte Produkt, das unreine Stabende wird erneut aufbereitet. Ist die Konzentration der Verunreinigungen im Festkörper größer als in der Schmelze, so reichern sich diese am Stabanfang an; das Stabende ist das gereinigte Produkt. (Abb.)

Niedrigschmelzende Materialien werden in einem Schiffchen oder Rohr geschmolzen, das im allgemeinen waagrecht angeordnet ist. Für hochschmelzende Materialien wird bevorzugt das tiegelfreie Zonenschmelzen angewendet. Zur Vermeidung von Reaktionen mit der Luft erfolgt das Schmelzen im allgemeinen im Vakuum oder im Schutzgas (Wasserstoff, Argon) in einem Rezipienten, z. B. einem Quarzrohr. Die Schmelzzone wird durch Widerstandsheizung, durch induktive Erwärmung oder besonders bei hochschmelzenden Materialien durch Elektronenbeschub erzeugt.

Das Z. wurde 1952 von W. G. Pfann für die Reinstardarstellung von Germanium entwickelt.

Lit. Schildknecht: Zonenschmelzen (Weinheim/Bergstraße 1964).

Zr, Symbol für → Zirkonium.

ZTL, Abk. für Zweistrom-Turbinen-Luftstrahltriebwerk, → Luftstrahltriebwerk.

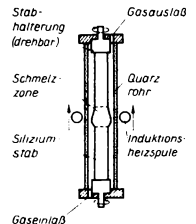
ZTU-Schaubild, Abk. für → Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild.

Zucker, im engeren Sinn Bezeichnung für den handelsüblichen Rohr- oder Rübenzucker (→ Saccharose, → Zuckergewinnung); im weiteren Sinn Bezeichnung für die Mono- und Oligosaccharide (→ Kohlenhydrate).

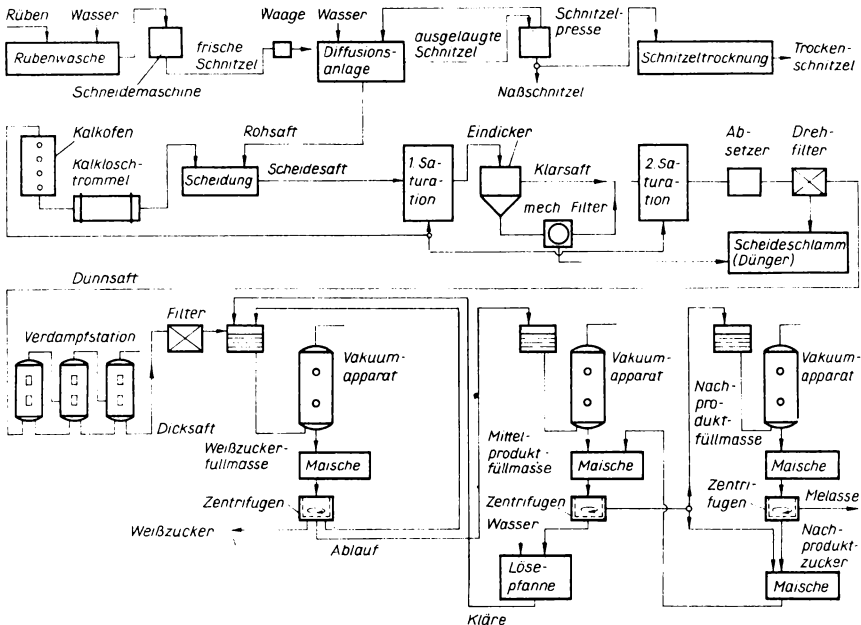
Zuckergewinnung, die Gewinnung von → Saccharose (Zucker im engeren Sinn) aus der Zuckerrübe oder dem Zuckerrohr.

Z. aus Zuckerrüben. Die Rüben werden gewaschen, in Schneidemaschinen zu Streifen (Schnitzel) oder Scheiben zerkleinert und mit heißem Wasser in Diffusionsapparaten (Diffuseuren) kontinuierlich ausgelaugt. Die ausgelaugten Rübenschnitzel, die noch einen Zucker-gehalt von 0,2 bis 1 % haben, werden in Schnitzel-pressen abgepreßt und dann entweder unmittelbar für Futterzwecke abgegeben (Naßschnitzel) oder zuvor in Trommeltrocknern im Gleichstrom getrocknet (Trockenschnitzel).

Der durch Auslaugen und Abpressen gewonnene grauschwarze Rohsaft, der 13 bis 16 % Zucker enthält, wird in mehreren Stufen gereinigt, und zwar zunächst durch Zugabe von Kalkmilch (*Scheidung*). Der hierfür notwendige Kalk wird in einem meist eigenen Kalkofen gebrannt. Danach wird der Saft in zwei Stufen zur Fällung des überschüssigen Kalkes als Kalziumkarbonat mit den kohlendioxidhaltigen Kalkofenabgasen versetzt (*Saturation*). Die während der Saturation ausfallenden festen Bestandteile werden entweder in Filterpressen oder moderner über Absetzer und nachfolgende Drehfilter als Scheideschlamm abgeschieden und weiter als Düngemittel verwendet. Das Filtrat, der honiggelb gefärbte Dünnsaft mit einem Zucker-gehalt von 12 bis 13 %, wird noch mit Schwefeldioxid behandelt und anschließend in einer Mehrkörper-Verdampfstation zu einem Dicksaft mit 65 bis 60 % Zucker eingedampft. Dieser wird unter Vakuum bei 75



Hochreinigung von Silizium nach dem Zonenschmelzverfahren (tiegel-freies Schmelzen)



Schema der Gewinnung von Rübenzucker

bis 80 °C in Vakuumapparaten (Kochapparate) zu kristallinem Zucker eingedampft. Das entstehende Gemisch (Füllmasse) von Kristallen und Mutterlauge wird in mit Rührereinrichtung versehene Behälter (Maischen) abgelassen und mittels Zentrifugen getrennt. Anschließend Trocknung und Kühlung in rotierenden Zylindern mit Einbauten liefert den **Kristallzucker (Weißzucker)**. Zur restlosen Aufarbeitung des beim Zentrifugieren erhaltenen zuckerhaltigen Ablaufs und der Waschabläufe wird der Vorgang des Verkochens mehrfach wiederholt. Zuletzt kristallisiert der Nachproduktzucker aus und als nicht mehr kristallisierbarer Ablauf bleibt die → Melasse übrig. Die beim mehrmaligen Verkochen erhaltenen Zucker werden gelöst, mit Kalk und Kohlendioxid sowie Kieselgur und Aktivkohle gereinigt und dem Dicksaft zur Verkochung auf Kristallzucker zugegeben.

Ein besonderer Zweig der Zuckerfabrikation ist die Gewinnung von **Kandiszucker**. Dieser wird als Fadenkandis aus besonders reinen Zuckerslösungen in großen Wannen durch Kristallisation an eingehängten Fäden erhalten. Fadenloser Kandis entsteht durch Waschen von Kandiskristallen, die in übersättigte Zuckerslösungen getaucht und dort schwimmend gehalten werden.

Aus 100 kg Zuckerrüben gewinnt man 12 bis 18 kg Weißzucker, 3,5 kg Melasse und 45 kg Naßschnitzel bzw. 4,5 kg Trockenschnitzel.

Z. aus Zuckerrohr. Der wesentliche Unterschied zur Zuckerrübenverarbeitung besteht in der Rohsaftgewinnung. Das vorgebrochene Zuckerrohr wird in Mühlen zwischen Walzen (Rollern) mehrmals zerquetscht und ausgepreßt. Das als Rückstand verbleibende Rohr, die **Bagasse**, dient als Feuerungsmaterial in der Zuckerfabrik oder zur Herstellung von Papier, Isolierstoff und chemischen Produkten. Der Rohsaft, der 70 bis 90 % des im Zuckerrohr vorhandenen Zuckers enthält, wird mit Kalk und Kohlendioxid, Schwefeldioxid oder Phosphorsäure gereinigt. Filtration, Verdampfung und Kristallisation entsprechen dem Verfahren der Z. aus Rüben.

Lit. Hildebrandt: Die Rübenzuckerfabrikation (Leipzig 1955); Technologie des Zuckers (Hannover 1955); Die Rübenzuckerfabrikation (Leipzig 1964); Die Zuckerherstellung (Leipzig 1964).

Zugband, bei Bogenkonstruktionen (z. B. Bogenbrücken) ein Bauglied, das die beiden Kämpferpunkte verbindet, so daß aus lotrechter Belastung nur lotrechte Drücke auf die Auflager wirksam werden und kein Horizontalschub.

Zugbeeinflussung, die Einwirkung auf die Steuerung eines Schienenfahrzeuges durch eine ruhende Einrichtung ohne Zwischenschaltung von Menschen und unabhängig vom Willen des Fahrzeugführers. Die Z. dient der Überwachung des Triebfahrzeugpersonals hinsichtlich der Beachtung der Signale und der Einhaltung der zulässigen Geschwindigkeiten, im weiteren Sinn auch zur Übertragung von Informationen auf das Fahrzeug und zur Fernsteuerung.

Nach der Lage unterscheidet man zwischen der punktförmigen Z. vor Signalen und an besonderen Gefahrenstellen und der linienförmigen Z. entlang der gesamten Strecke.

1) Die **punktförmige Z.** kann auf verschiedene Weise erfolgen. Bei der **mechanischen Z.** ist neben dem Gleis ein mit dem Signal in Verbindung stehender Anschlag angebracht. Durch diesen wird bei Vorbeifahrt am Halt zeigenden Signal ein am Fahrzeug befindlicher Bremshebel betätigt und dadurch die Zwangsbremse eingeleitet. Eine mechanische Z. ist z. B. die Fahrsperrung der Berliner S-Bahn.

Für hohe Geschwindigkeiten ist die **induktive Z.** (abg. Indusi) geeignet. Sie arbeitet mit drei verschiedenen Frequenzen, die auf dem Triebfahr-

zeug durch einen besonderen Generator erzeugt werden. Auf dem Triebfahrzeug sind Kippankerrelais angeordnet, die je einen gleichstromerregten Magneten und einen mit 500 Hz, 1000 Hz oder 2000 Hz erregten Wechselstrommagneten besitzen. In Ruhestellung überwiegt die Anzugskraft der Wechselstrommagneten. Die Magnetensysteme sind in Schienenhöhe rechts neben den Schienen aufgehängt. Unmittelbar gegenüber sind im Gleis elektrische Schwingkreise mit eisen geschlossener Induktivität angeordnet, die auf eine der Frequenzen abgestimmt sind. In Fahrtstellung sind die Schwingkreise durch Kurzschließen des Kondensators verstimmt. In Warnstellung entnehmen sie beim Vorbeifahren des Triebfahrzeuges dem Magnetkreis des entsprechenden Kippankerrelais so viel Energie, daß das Feld des Gleichstrommagneten überwiegt und der Kippanker umklappt; dadurch wird die gewünschte Z. ausgelöst. Die Verwendung von drei Frequenzen erlaubt a) die Wachsamkeitskontrolle am Vorsignal (bei Warnstellung hat der Triebfahrzeugführer innerhalb von 5 s eine Wachsamkeitstaste zu drücken, sonst erfolgt Zwangsbremse); b) eine Geschwindigkeitskontrolle 200 m vor dem Hauptsignal; sie führt bei Haltstellung des Signals zur Zwangsbremse, wenn die Geschwindigkeit nicht entsprechend ermäßigt wurde; c) Zwangsbremse bei Vorbeifahrt am Halt zeigenden Hauptsignal (induktive Fahrsperrung). Jede Zwangsbremse wird registriert.

Bei **Z. durch radioaktive Isotope** wird die Strahlung einer neben dem Gleis angeordneten Strahlungsquelle auf dem Triebfahrzeug in elektrische Impulse umgewandelt, die eine Z. auslösen. Dieses Prinzip ist bisher nur zur Zugschlußmeldung (mit umgekehrter Strahlungsrichtung) verwendet worden.

2) Die **linienförmige Z.** ermöglicht neben der Überwachung des Personals auch die Übertragung von Signalbildern, Sollgeschwindigkeiten und anderen Informationen auf das Triebfahrzeug. Gleichzeitig dient die linienförmige Z. der selbsttätigen, fortlaufenden Meldung des Zugstandortes an die Zugleitstellen. Bei hohen Geschwindigkeiten kann sie zu einer teilweisen Fernsteuerung und damit zur Entlastung des Triebfahrzeugpersonals verwendet werden. Die linienförmige Z. erfolgt über Gleisstromkreise oder Linienleiter. Bei Verwendung von Gleisstromkreisen sind die einzelnen Gleisabschnitte gegeneinander isoliert. Die Informationen werden in die Schienen eingespeist und induktiv auf das Triebfahrzeug übertragen. Linienleiter werden in regelmäßigem Zickzack zwischen den Schienen verlegt. Die Übertragung der Informationen auf den Zug erfolgt auf hochfrequentem Weg. Die Zickzackführung erlaubt eine feinstufige Ortung des Zuges.

Züge, 1) → Bühnentechnik. 2) → Drall.

Zugseinwirkungsanlage, eine technische Einrichtung, durch die der Zug auf die Sicherungsanlagen einwirkt. Sie besteht im einfachsten Falle aus einem → Schienenkontakt, der auf die 1. Achse des Zuges anspricht, bei vielen Anlagen aus einer isolierten Schiene in Verbindung mit einem Schienenkontakt. Die Schaltung ist dann so aufgebaut, daß die Anlage erst wirksam wird, wenn die letzte Achse des Zuges die isolierte Schiene verlassen hat. Andere Z.n sind → Gleisstromkreise und → Achszähler. Alle punktförmig wirkenden Z.n werden unter der Bezeichnung Gleisschaltmittel zusammengefaßt.

Zugfestigkeit, Zeichen σ_B , die beim → Zugversuch auftretende Höchstkraft P_{\max} geteilt durch den ursprünglichen Querschnitt F_0 der

$$\text{Probe: } \sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}.$$

Zugfestigkeit verschiedener Werkstoffe bei Raumtemperatur in kp/mm^2

Reinstaluminium (weichgeglüht bis stark kaltverfestigt)	4... 11
Al-Knetlegierungen	10... 50
Al-Gußlegierungen	13... 33
Reineisen	etwa 20
unlegierte und niedriglegierte Stähle (geglüht)	30... 110
legierte Stähle (wärmebehandelt)	bis 300
Gußeisen mit Lamellengraphit	15... 40
Gußeisen mit Kugelgraphit	40... 70
Holz in Faserrichtung	5... 16
Holz quer zur Faserrichtung	0,2... 1
Reinkupfer	etwa 20
Cu-Zn-Knetlegierungen (Messing)	24... 38
Cu-Sn-Gußlegierungen (Gußbronze)	15... 32
Leder	1... 6
Mg-Knetlegierungen	19... 33
Mg-Gußlegierungen	7... 29
Phenol-Formaldehyd-Plaste	3... 8
Polyvinylchlorid	5... 7
Reintitan	etwa 25
Ti-Legierungen	30... 130
Reinzink	etwa 12
Zn-Druckgußlegierungen	25... 27
Reinzinn	etwa 1,5

Zugfunk, → beweglicher Landfunk.

Zughakenlader, eine → Lademaschine zum diskontinuierlichen (schubweisen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut, besonders vor Ort beim Untertagebergbau. Z. sind mit einem großen, rechenähnlichen Haken ausgerüstet, der hydraulisch vorgeschoben wird und beim Rückgang das Haufwerk auf eine breite Ladeschaufel zieht. Von dort gelangt es über Förderband, Schüttelrutsche oder andere Stetigförderer in die Transportfahrzeuge. Z. sind mit luftbereiften Rädern oder Gleisketten versehen, der Antrieb erfolgt durch einen Dieselmotor, im Untertagebetrieb auch durch Druckluft. Ähnlich wie der Z. arbeitet der → Stoßschaufellader.

Zuglaufsteuerung, → automatische Zuglaufsteuerung.

Zugmeldespeicher, ein Magnettongerät, das die auf Zugmelleitungen der Eisenbahn geführten Ferngespräche zu Beweis Zwecken, z. B. bei Unfällen, festhält.

Zugmittelgetriebe, → Hüllstoffe.

Zugnummernmeldung, → Stellwerk.

Zugorgangetriebe, svw. → Rollengetriebe.

Zugsteuerung, → automatische Zuglaufsteuerung.

Zugstraße, → Tiefdruckgebiet.

Zugversuch, Zerreißversuch, ein Verfahren der Werkstoffprüfung. Es dient zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen unter einachsiger, statischer Zugbeanspruchung (TGL 17461). Als Prüfkörper verwendet man z. B. bei dehnbaren metallischen Werkstoffen

Dehnungen von Zugproben mit verschiedenen großen Querschnitten F_0 , verglichen zu können, verwendet man Proportionalstäbe, bei denen die Meßlänge L_0 im mittleren Teil $L_0 = 10 D_0 = 11,3 \cdot \sqrt{F_0}$ oder $L_0 = 5 D_0 = 5,65 \cdot \sqrt{F_0}$ (D_0 = Durchmesser bei Rundstäben). Davon abweichende Stabformen werden z. B. bei der Prüfung von Gußeisen oder Schweißungen verwendet. Die Zugproben werden in eine **Zerreißmaschine** eingespannt und bis zum Bruch belastet. Aus der während des Versuchs an der Maschine angezeigten Kraft P und der zugehörigen Verlängerung $\Delta L = L - L_0$ (L = Länge der Probe während der Beanspruchung) kann man die Spannung (nach TGL 17461 neuerdings als

Beanspruchung bezeichnet) $\sigma = \frac{P}{F_0}$ in kp mm^{-2} und die Dehnung $\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$ bestimmen und

daraus das **Beanspruchungs-Dehnungs-Diagramm** (ältere Bezeichnung: Spannungs-Dehnungs-Diagramm) zeichnen. Außerdem zeichnet das Schreibgerät der Maschine die Kraft P über der Verlängerung des Stabes zwischen den Einspannköpfen auf. Man erhält so das **Kraft-Verlängerungs-Diagramm**. Die Dehnung ist anfangs gering und nimmt zunächst proportional der Beanspruchung zu. Es gilt das Hookesche Gesetz (→ Elastizität): $\varepsilon = \alpha \cdot \sigma$ (α = Dehnzahl). Der reziproke Wert

von α ist der Elastizitätsmodul E : $E = \frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

in kp mm^{-2} . Bis zur Elastizitätsgrenze σ_E dehnt sich der Stab elastisch, d. h. ohne bleibende Formänderung. Da die genaue Elastizitätsgrenze schwer meßbar ist, bestimmt man in der Regel die technische Elastizitätsgrenze $\sigma_{0,01}$ oder $\sigma_{0,005}$, bei der bereits eine bleibende Dehnung von 0,01 oder 0,005 % vorliegt. Oberhalb σ_E beginnt die plastische Dehnung. Eine stärkere Verformung tritt nach Erreichen der Streckgrenze σ_S ein. Der Werkstoff fängt an zu fließen („Fließgrenze“). Bei geglihten kohlenstoffarmen Stählen beobachtet man dabei häufig ein Absinken der Kraft und unterscheidet dann zwischen oberer und unterer Streckgrenze. An Werkstoffen, die keine ausgeprägte Streckgrenze aufweisen, bestimmt man die 0,2-Dehngrenze $\sigma_{0,2}$, d. i. die Beanspruchung, bei der die bleibende Dehnung 0,2 % beträgt. Nach Überschreiten des Fließbereichs dehnt sich der Probestab ziemlich gleichmäßig (Gleichmaßdehnung). Kurz vor Erreichen der höchsten Belastung beobachtet man, daß sich der Stab in der Mitte einschnürt. Der Querschnitt nimmt dort bei weiterer Belastung rasch ab, und schließlich bricht der Stab an dieser Stelle. Dividiert man die höchste Kraft P_{\max} durch den Ausgangsquerschnitt der Probe F_0 , so erhält

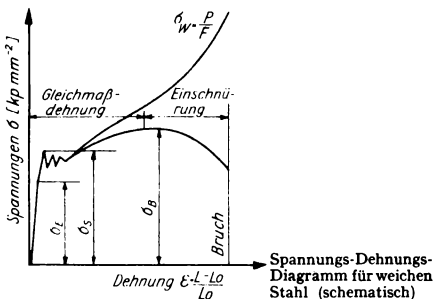
man die Zugfestigkeit $\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}$ in kp mm^{-2} .

Nach dem Versuch legt man die Bruchstücke des Stabes zusammen und mißt den Abstand L_B zwischen den Markierungen für die Meßlänge L_0 . Daraus errechnet man die Bruchdehnung δ :

$\delta = \frac{L_B - L_0}{L_0} \cdot 100$ in %. Da dieser Wert wegen der aufgetretenen Einschnürung vom Verhältnis $L_0 : F_0$ abhängt, gibt man an: δ_{10} oder δ_5 (für $\frac{L_0}{F_0} = 10$ oder 5).

Außerdem mißt man den Bruchquerschnitt F_B und berechnet die Einschnürung oder Kontraktion ψ : $\psi = \frac{F_0 - F_B}{F_0} \cdot 100$ in %.

Bezieht man die aus Einzelablesungen während des Versuches ermittelte Kraft P auf den jeweils tatsächlich vorliegenden Querschnitt F , so erhält man die wahre Spannung σ_w : $\sigma_w = \frac{P}{F}$. Wenn



im Normalfall Stäbe mit zylindrischem oder prismatischem Mittelteil und Einspannköpfen an den Enden, die einen größeren Querschnitt aufweisen. In Richtung der Achse wird vor dem Versuch die Meßlänge L_0 aufgetragen. Um die

man sie über der zugehörigen Dehnung aufträgt, steigt die Kurve bis zum Bruch an. Man erhält so das „wahre Spannungs-Dehnungs-Diagramm“. **Zulage**, in der Bautechnik und im Schiffbau eine waagerechte Arbeitsbühne oder eine Trägerkonstruktion, auf der zu bearbeitende Konstruktionsteile, Kanthölzer oder Stahlprofile zurechtgelegt, zugerecht und zusammengebaut werden. **zulässige Spannung**, Zeichen σ_{zul} , der Grenzwert der Spannung, bis zu dem ein Bauteil im Betrieb beansprucht werden darf. Man ermittelt die z. S., indem man einen Festigkeitswert des verwendeten Werkstoffes, z. B. die Zugfestigkeit, Streckgrenze, Biegefestigkeit, Dauerfestigkeit oder Verdrehfestigkeit, durch einen Sicherheitsbeiwert S (Sicherheit) dividiert. Die Größe des Sicherheitsbeiwerts hängt von der Art der Beanspruchung, von der Gefahr, die durch einen Bruch des Bauteils entstehen würde, und von der Wirtschaftlichkeit ab. So ist z. B. im Maschinenbau bei ruhender Beanspruchung eine Sicherheit von 1,1 bis 1,8, bezogen auf die Streckgrenze, im allgemeinen ausreichend, um eine Verformung zäher Werkstoffe zu vermeiden. Bei wechselnder Beanspruchung bezieht man die z. S. auf die Dauerfestigkeit und rechnet mit einer Sicherheit von 1,8 bis 3,0. Für Drahtseile sind die Sicherheitswerte gegen Trennbruch 4- bis 5mal größer zu wählen als für weniger wichtige Bauteile. Größere Sicherheiten sind auch dann anzuwenden, wenn die tatsächlichen Beanspruchungen durch Berechnungen nicht genau erfaßt werden können oder die Möglichkeit besteht, daß die Werkstoffeigenschaften durch äußere Einflüsse, z. B. Korrosion oder Verschleiß, verändert werden können. Kleinere Sicherheitsbeiwerte wendet man z. B. im Flugzeugbau an, um das Gewicht herabzusetzen. Die Bauteile müssen dafür einer gründlichen Prüfung und Kontrolle unterzogen werden.

Zunder, eine dünne Oxidschicht im wesentlichen der Formel Fe_3O_4 , die sich beim Erhitzen auf Stahl- und Gußeisenteile bildet. Sie löst sich z. T. beim Walzen (**Walzzunder**, **Walzsinter**), Hämmern (**Hammerschlag**) oder Schmieden (**Schmiedesinter**) und muß vor der Weiterverarbeitung der Teile durch → Entzundern beseitigt werden.

Zunder, eine Vorrichtung zur Einleitung der Zündung von Explosivstoffen.

Nach dem Aufbau unterscheidet man chemische, elektrische und mechanische Z. 1) Bei **chemischen Z.n** (**Säurezunder**) erfolgt die Auslösung der Detonation durch chemische Stoffe. Chemische Z. (bei Geschossen und Minen) bestehen z. B. aus in Ampullen eingeschlossenen chemischen Substanzen, z. B. konzentrierter Schwefelsäure, Mischungen von Kaliumchlorat mit organischen Stoffen. Beim Zerbrechen der Ampullen infolge Aufschlages, Druckes usw. oder bei chemischer Zersetzung (bei Zeitzündern, s. u.) vereinigen sich die Chemikalien (Säure und Sprengstoff), und es kommt zur Detonation. 2) In **elektrischen Z.n** wird z. B. durch elektrischen Strom ein verzinnter Draht (von 0,6 mm Stärke mit einem Widerstand von 0,4 Ω /m) zum Glühen gebracht und ein Zündsatz (z. B. leichtentzündliches Kupferazetylid) gezündet, der durch eine Stichflamme die Detonation der Sprengkapsel auslöst. Industriell gefertigte, mit einer Sprengkapsel verbundene elektrische Z. werden als **Sprengzündler** bezeichnet, elektrische Z. ohne Sprengkapsel als **Brückenzündler**. Die Sprengkapsel kann nach Bedarf eingeführt werden. 3) Bei **mechanischen Z.n** wird der Zündvorgang durch einen Mechanismus ausgelöst, z. B. durch einen Schlagbolzen (Aufschlagzündler, s. u.), durch Druck oder Zug. **Druckzündler** werden z. B. durch Auffahren auf Minen ausgelöst. **Zugzündler** baut man z. B. ein, um Minen gegen Wiederaufnahme zu sichern. Dabei wird ein

am Zugzündler im Boden der Mine angebrachter Draht in der Erde verankert.

Nach der Auslösung der Zündung unterscheidet man zielabhängige Z. (Aufschlag- und Radarzündler) und zielunabhängige Z. (Zeitzündler). **Aufschlagzündler** zünden die Ladung beim Aufschlag der Granate mittels Schlagbolzens, der in das Zündhütchen eindringt und die Zündladung zur Detonation bringt. Die Detonation kann sofort beim Aufschlag (ohne Verzögerung), kurze Zeit nach dem Aufschlag (mit Verzögerung: **Verzögerzündler**) oder in der Ruhelage (Granate, Bombe) mit Verzögerung (**Verzögerungzündler**) ausgelöst werden. **Radarzündler** zünden die Sprengladung automatisch in der Entfernung, die für eine wirksame Bekämpfung des Zieles erforderlich ist. Man unterscheidet dabei zwischen Aktiv- und Passivverfahren. Das Aktivverfahren arbeitet mit Reflexion. Vom Z. werden Impulse ausgesendet, die das Ziel reflektiert und der Z. wieder empfängt. Die Hin- und Rücklaufzeit des ausgestrahlten Impulses wird gemessen und daraus die jeweilige Entfernung zwischen Geschöß und Ziel ermittelt. Das Passivverfahren empfängt nur eine vom Ziel ausgehende Energie. Es wird keine Zeit gemessen, sondern eine Intensität, deren Abnahme mit dem Abstand vom Ziel in eine Entfernung umgewertet wird. **Zeitzündler** sind Z. mit einstellbarer Laufzeit, die die Ladung an einem bestimmten Punkt der Flugbahn oder zu einer vorher eingestellten Zeit im Ziel zünden. Pyrotechnische Zeitzündler werden auch **Brennzunder** genannt. Der Zeitpunkt der Zündung hängt von der Brenndauer des Pulversatzes ab. Bei mechanischen Zeitzündern hängt der Zeitpunkt der Zündung von der Laufzeit eines Uhrwerks ab, das vorher eingestellt wird. Chemische Zeitzündler werden nur bei „ruhender“ Munition angewendet (Seeminen u. ä.). **Doppelzündler** haben Aufschlag- und Zeitzündereinrichtung.

Nach der Wirkung unterscheidet man Bodenabstands- und Zielabstandszündler. **Bodenabstandszündler** arbeiten nach dem Aktivverfahren und sprechen in einem bestimmten Abstand über dem Boden an. Sie sind nicht von den Besonderheiten des Zieles abhängig. **Zielabstandszündler** werden bei ferngesteuerten bzw. ziel-suchenden Raketen und Bomben verwendet.

Zündhölzer, **Zündstäbe**, Stäbchen aus Holz, Karton, Papier oder anderem Material oder Papierhüllen, die mit einem Zündkopf versehen und meist mit Paraffin getränkt sind. Z. aus Holz müssen durch Imprägnieren, z. B. mit Diammoniumphosphat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, gegen Nachglühen geschützt sein. Der Zündkopf wird durch Reibung (bei den üblichen Sicherheitshölzern an einer besonderen Anstrichfläche) zum Entflammen gebracht, die Flamme überträgt sich danach auf den Zündstab.

Der **Zündkopf** (**Zündsatz**) ist ein Gemenge verschiedener chemischer Verbindungen. Er besteht bei **Sicherheitszündhölzern** im wesentlichen aus Kaliumchlorat KClO_3 als Oxydationsmittel, Schwefel als Flammenträger sowie Verbindungen, die ein explosionsartiges Abbrennen verhindern, Füllstoffen und Bindemitteln. Der Zündsatz der früheren Z. bestand aus weißem Phosphor, Kaliumchlorat, Gummiarabikum und einigen Zusätzen. Da die Verbrennungstemperatur des Zündsatzes nicht ausreichte, um das Holz zu entzünden, wurden die Hölzer geschwefelt (**Schwefelhölzer**). Man konnte sie an jeder rauen Fläche entzünden. 1907 wurden diese Z. wegen des giftigen weißen Phosphors, der bei den Zündholzarbeitern Phosphornekrose hervorrief, verboten. Die **Anstrichfläche** (**Anstrichsatz**) besteht aus rotem Phosphor, Antimontrisulfid, Glasmehl und Bindemitteln. Die Färbung des Zündsatzes und des Anstrichsatzes erfolgt beliebig mit anorganischen Farben.

Überallzünder enthalten Tetrathosphortrisulfid P_4S_3 oder roten Phosphor und vereinigen in sich Zündstoffe, Sauerstoffspender und Flammenträger. Überallzünder sind sehr reibungs- und schlagempfindlich, zu ihrer Entflammung ist keine besondere Anstrichfläche erforderlich.

Sicherheitssturmzündhölzer sind Holzstäbe üblicher Länge, die mit einem 20 mm langen Brandsatz umhüllt sind. Dieser besteht unter anderem aus Bariumnitrat $Ba(NO_3)_2$, Eisen(III)-oxid Fe_2O_3 , Schwefel, Zinkoxid ZnO , Holzmehl, Kieselgur und Bindemitteln. Auf den Brandsatz ist ein Sicherheitszündkopf aufgetunkt. Nach seiner Entzündung wird der Brandsatz auch durch Sturmwindwirkung nicht mehr ausgelöscht. Sicherheitssturmzündhölzer werden im Sprengdienst, im Seenotdienst und in der Alpinistik verwendet.

Der Brandsatz der **bengalischen Z.** ist so zusammengesetzt, daß er in einer bestimmten Farbe (z. B. rot, grün, blau) abbrennt oder als Silber- oder Goldregen sprüht. Bengalische Z. und Sturmzündhölzer sind pyrotechnische Erzeugnisse.

Die Herstellung der Z. erfolgt im Massenfließverfahren mit leistungsfähigen Einweckmaschinen. Die Weichholzstämmen werden entrindest, geschnitten und in entsprechender Dicke Spannbänder für den Holzdraht und die Schachteln geschnitten, geritzt und abgeteilt. Die Fließstrecke für die Z. besteht aus Maschinen, die das Imprägnieren, Trocknen, Polieren usw. durchführen. Die Tunkautomaten besorgen das Paraffinieren, Auftunken der Zündköpfe und Einfüllen in Behälter. Die Herstellung und das Zusammenfügen der Schachteln, Einfüllen der Z., Auftragen des Anstrichsatzes und die Verpackung erfolgen mit Automaten.

Geschichtliches: Der Zündsatz der früheren Z. wurde 1833 von J. F. Kammerer angegeben. 1848 erfand R. Ch. Böttger die Sicherheitszündwaren.

Lit. Hartig: Zündwaren (Leipzig 1965).

Zündhütchen, ein flaches, mit einem reibungs- und schlagempfindlichen Initialzündsatz gefülltes Metallnäpfchen zum Zünden von Pulverladungen in Patronen und Kartuschen unter Verwendung eines Schlagbolzens. Als Zündsatz dienen z. B. eine Quecksilberfulminat-Kaliumchlorat-Mischung, bei den rostfreien Zündsätzen z. B. eine Mischung von Bleitritnitrosorzinat mit Kalziumsilylid, Tetrazen, Bariumnitrat.

Zündkerze, eine Vorrichtung zur Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Ottomotor (→ Verbrennungsmotor). Sie besteht aus dem Zündkerzengehäuse mit Außenelektrode und einem keramischen Isolierkörper mit Mittelelektrode. Die Mittelelektrode wird durch den Isolierkörper vom Gehäuse getrennt und ragt in den Zylinder hinein. Die äußere Elektrode wirkt durch ihren Masseanschluß als Rückleiter. Zwischen diesen beiden Elektroden kommt es beim Anlegen der Zündspannung zu einem Funkenüberschlag, der dann das Kraftstoff-Luft-Gemisch zündet. Die Entfernung der Elektroden voneinander beträgt bei Z.n für Kraftfahrzeugmotoren 0,5 bis 0,6 mm, seltener 0,7 bis 0,8 mm oder auch mehr, die Zündspannung etwa 10000 bis 25000 V. Verrußte Z.n lassen unter anderem auf ein zu fettes Kraftstoff-Luft-Gemisch oder einen zu hohen Wärmewert (Vergleichswert für die Z.) schließen, verölzte Z.n auf einen zu hohen Wärmewert oder auf ernste Motorschäden, z. B. gebrochene Kolben- oder Ölabstreifringe. Hellgraue bis weiße Färbung des Isolators deutet auf zu mageres Kraftstoff-Luft-Gemisch oder einen zu niedrigen Wärmewert hin.

Nach 10000 bis 15000 km Laufzeit eines Fahrzeuges ist jede Z. gealtert und sollte ausgewechselt werden.

Zündladung, ein kleiner zylindrischer Körper aus gepreßtem, hochbrisantem Sprengstoff. Er gewährleistet bei brisanten Sprengladungen als

Zwischenglied zwischen Zünder oder Sprengkapsel einerseits und der schwerer entzündbaren Sprengladung andererseits deren richtige Entzündung.

Zündplättchen, s.vw. Brandplättchen, → Brandmittel.

Zündschnur, ein mit einem Explosivstoff (Pulversee) gefüllter Gewebeschlauch zur Zündung bzw. Fortleitung der Zündung auf Sprengladungen. Der Gewebeschlauch ist bei feuchtigkeitsbeständigen Z.n mit Teer imprägniert, bei wasserbeständigen Z.n mit einem Plast überzogen. Die **Pulverzündschnur** hat eine Seele aus Schwarzpulver. Sie wird angebrannt und dient zum Zünden von Schwarzpulver und in Verbindung mit einer Sprengkapsel, die an das Ende der Z. „angewürgt“ wird, von Ladungen brisanter Sprengstoffe. Die Brenngeschwindigkeit beträgt 110 bis 130 m/s. Die **Sprengschnur (detonierende Z., Knallzündschnur)** hat meist eine Seele aus Pentaerythrittrinitrat. Sie muß mit einer Sprengkapsel initiiert werden, die an das Ende der Sprengschnur angebunden und elektrisch oder durch Zündschnur gezündet wird. Die Sprengschnur überträgt die Detonation mit einer Geschwindigkeit von etwa 7500 m/s direkt auf die Sprengladung. Die Sprengschnur wird als Momentzündung angewendet, wenn die elektrische Zündung nicht zulässig ist, z. B. bei Kammer- und Großbohrlochsprengungen in Steinbruchbetrieben.

Zündspannung, → Gasentladung.

Zündung, bei Verbrennungsmotoren der Vorgang der Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches, auch die Zündanlage selbst. 1) Dieselmotoren verdichten die angesaugte Luft so hoch, daß der eingespritzte Kraftstoff sich infolge der hohen Verdichtungsendtemperatur von selbst entzündet (**Selbstzündung**). 2) Glühkopfmotoren verdichten nicht so hoch. Die Verdichtungsendtemperatur würde hier zur Selbstzündung nicht ausreichen, deshalb ist im Zylinderkopf eine Glühstelle vorgesehen. 3) Ottomotoren arbeiten mit **Fremdzündung**. Die am meisten gebräuchliche **Batteriezündung** besteht aus Zündspule (eine Art Hochspannungstransformator), Unterbrecher und Akkumulator (Batterie) als Stromquelle, der während der Fahrt von der Lichtmaschine gespeist wird. Bei eingeschalteter Zündung und geschlossenem Unterbrecher erzeugt der Strom der Niederspannungswicklung im Zündspulenkern ein Magnetfeld. Dieses bricht beim Öffnen der Unterbrecherkontakte zusammen und induziert in der Hochspannungswicklung die erforderliche Spannung (10000 bis 25000 V) für den Zündfunken, der an den Elektroden der → Zündkerze überspringt. Ein dem Unterbrecher parallelgeschalteter Kondensator dient zur Funkenlöschung.

Bei manchen Krafträdern und bei Fahrzeugen, bei denen man unabhängig von Akkumulator und Lichtmaschine sein möchte, wird die **Magnetzündung** angewandt. Der Strom für die Niederspannungsspule wird im Zündapparat, einem vom Motor angetriebenen Generator, erzeugt und kurz nach dem Abreißen des Magnetfeldes, wenn er am größten ist, unterbrochen. Durch Induktion wird in der Hochspannungswicklung die Zündspannung erzeugt.

Um die Z. abstellen zu können, wird zwischen Primärwicklung und Unterbrecher ein → Kurzschlußschalter angebracht, der direkt Masseverbindung herstellt, wodurch die Wirkung des Unterbrechers und damit die Erzeugung der Zündspannung ausgeschaltet wird. Bei Mehrzylindermotoren wird die Zündspannung den Zündkerzen der einzelnen Zylinder durch den Zündverteiler (→ Verteiler) nacheinander, d. h. in einer bestimmten Zündfolge zugeleitet, die sich nach der Zylinderzahl und der Anordnung

der Kurbelzapfen richtet. Für jeden Betriebszustand eines Motors (Drehzahl, Belastung) gibt es einen bestimmten optimalen Zündzeitpunkt, bei dem der Motor seine größte Leistung abgibt. Dieser optimale Zündzeitpunkt liegt stets vor dem oberen Totpunkt (Vorzündung). Die Vorzündung kann bis zu 50° Kurbelwinkel betragen. Die Größe der Vorzündung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, z. B. vom Luft-Kraftstoff-Verhältnis, von der Brennraumform, der Temperatur, der Verdichtung u. a. Eine optimale Vorzündung ist erreicht, wenn der Verbrennungshöchstdruck kurz nach dem oberen Totpunkt auftritt (beste Leistungsausbeute). Bei zu viel Vorzündung wird der Verbrennungshöchstdruck schon vor dem oberen Totpunkt erreicht (Leistungsverringerung durch Einwirkung des höheren Druckes auf den Kolben.) Bei zu geringer Vorzündung springt der Funke näher am oberen Totpunkt oder sogar danach über; durch den geringen Verbrennungshöchstdruck ist bei zu geringer Vorzündung die Leistungsausbeute ebenfalls gering. Die Einstellung der Vorzündung erfolgt durch Verdrehen des Unterbrechergehäuses. Bei Anwerfen älterer Motortypen von Hand stellt man die Spätzündung ein, um Zurückschlagen (schlagartiges Rückwärtsdrehen) der Kurbelwelle zu verhindern.

Die Zündverstellung während des Betriebes erfolgt heute meist automatisch durch Fliehkraftregler in Abhängigkeit von der Drehzahl und durch Unterdruckzündverstellung in Abhängigkeit von der Belastung.

Zurichterei, svw. Adjustage, → Walzwerk.

Zusätze, Metalle und Legierungen, die während des Schmelzprozesses zur Qualitätsverbesserung metallurgischer Produkte zugesetzt werden. Bei der Stahlerzeugung dienen Z. (z. B. Ferrosilizium, Ferromangan, Ferrochrom, Ferrovandium, Aluminium) zur Desoxydation und zum Legieren. **Zusatzstoffe**, im Bauwesen Hilfsstoffe physikalischer oder chemischer Art, die der Betonmischung als Pulver, Paste oder Flüssigkeit in kleinen Mengen zugesetzt werden, um bestimmte Eigenschaften der Betonmischung oder des erhärteten Betons zu verbessern. Nach ihrer Aufgabe unterscheidet man:

1) **Betonverflüssiger** (BV) nach TGL 10031 Blatt 2, auch **Plastifikatoren** genannt, bewirken, daß sich das Wasser als dünne Schicht gleichmäßig über die ganze Masse ausbreitet, und verbessern damit die Verarbeitbarkeit.

2) **Luftporenbildner** (LP) verbessern die Verarbeitbarkeit, ermöglichen eine Verminderung der Anmachwassermenge und erhöhen die Frostbeständigkeit des erhärteten Betons. Sie sind im allgemeinen schäumende Substanzen in Form verseifbarer Öle oder Harze (Resinate), sulfonierter Fettalkohole oder auch Saponine. Heute werden in steigendem Maße Produkte auf Aluminiumbasis (Alu-Krätzte) eingesetzt, wie sie auch für die Erzeugung von Leichtbeton verwendet werden (→ Beton).

3) **Erstarrungsregler** dienen zur Beeinflussung des Erstarrungsverlaufs. **Erhärtungsbeschleuniger** (EB) beschleunigen den Erhärtungsvorgang und rufen dabei eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Mörtels oder Betons hervor. Sie sind meist auf der Basis von Kalziumchlorid (CaCl_2), das leicht Feuchtigkeit anzieht, aufgebaut. Daneben wird auch Wasserglas oder Aluminiumchlorid verwendet. Zur Verlängerung des Erstarrungsvorganges, wie sie z. B. bei Unterbrechung des Betoniervorganges erwünscht sein kann, dienen **Erstarrungsverzögerer** wie Phosphorsäure u. a.

4) **Frostschutzstoffe** (FM) nach TGL 10031 Blatt 3 setzen den Gefrierpunkt des Anmachwassers herab und sind z. T. auch zur Verkürzung der Erstarrungszeit. Meist werden sie

auf Kalziumchlorid (CaCl_2) oder Natriumchlorid (NaCl) aufgebaut. Für Stahlbeton sind chlorhaltige Stoffe nur bedingt verwendbar, weil sie bei Anwesenheit von Feuchtigkeit eine Korrosion der Stahleinlagen bewirken können.

5) **Hydraulische Z.** sind natürliche oder künstliche feingemahlene Stoffe, die bei Mischung mit nichthydraulischen Bindemitteln, z. B. Weiß- und Dolomitschlacke oder Aschenbindern, diese Stoffe befähigen, auch unter Wasser zu erhärten. Dies bewirken sie infolge ihres hohen Gehaltes an Hydraulikfaktoren, vor allem an Siliziumdioxid, das sich mit dem Kalk zu Kalziumsilikaten verbindet und somit die Erhärtung bewirkt. Besonders bei Wasserbauten werden diese Z. auch an der Baustelle dem Beton zugesetzt, um ihn geschmeidiger und leichter verarbeitbar zu machen und dadurch die Wasserdichtigkeit zu erhöhen. Natürliche hydraulische Z. (Puzzolane) sind vulkanische Tuffe (Traß), Puzzolanerde von Puzzoli bei Neapel u. a. Künstliche hydraulische Z. sind Hochofenschlacke, Si-Stoff (bei der Herstellung von Alaun gewonnen), Ziegelmehl u. a.

6) Als **Dichtungstoffe** für Beton (BD) nach TGL 10031 Blatt 1 dienen u. a. die unter 3) genannten Z. wegen ihrer porenfüllenden Wirkung, weiterhin Beimengungen mit wasserabweisender Wirkung, die aus Seifen (verwirklichten Umsetzung mit dem freien Kalk des Zements) oder aus bituminösen Stoffen bestehen. Diese wasserabweisenden Z. sind gegen unter Druck stehendes Wasser weniger geeignet.

7) **Färbende Z.** sind Mineralfarben, die bei möglichst geringen Zusatzmengen die gewünschte Farbwirkung erreichen.

8) **Sonstige Z.** In neuerer Zeit setzt man Spezialmörteln und -betonen Polyvinylacetat (TGL 18491) oder andere Plaste zu, wenn man in besonderen Fällen (z. B. Flickmörtel) eine zusätzliche Verklebung der Zementkörner oder des Zuschlagstoffes zur Erhöhung der Haftfähigkeit, der Elastizität, der Verschleiß- und anderer Festigkeiten erreichen will.

Zuschläge, 1) Bauwesen: **Zuschlagstoffe**, Stoffe, die mit Bindemittel und Wasser gemischt Mörtel oder Beton ergeben. Im Betonbau unterteilt man die (z. T. durch Zerkleinerung gewonnenen) Z. nach der Korngröße (TGL 10809): Sand (bzw. Brechsand) 0,09 bis 2 mm, Kies (bzw. Splitt) 2 bis 25 mm, Grobkies (bzw. Schotter) 25 bis 80 mm. Nach der Herkunft unterscheidet man a) **natürliche Z.**, z. B. Kalkstein, Granit, Gneis, Basalt, Diabas, Quarzporphyr, Quarzit, Bimsstein, Lavaschlacke, Schwespat; b) **künstliche Z.**, z. B. Hochofenschlacke, Kesselschlacke, Hüttenbims, Ziegelsplitt, Porensinter, Blähton, Aschensinter, Sinterbims (Agloporit), Asbest. **Organische Z.**, z. B. Holzspäne, Torf, Kork u. ä., werden **Füllstoffe** genannt. Zuschlagstoffe für Leichtbeton (**Leichtzuschlagstoffe**) sollen eine niedrige Kornrodichte aufweisen. Sie werden gewonnen durch Zerkleinern von Steinkohl- oder Braunkohlenschlacken, von Schlacken, die in flüssigem Zustand anfallen (Hüttenbims, → Schlacke). Ferner werden sie aus Rohstoffen oder Industrieabfallstoffen gewonnen, die beim Erhitzen Gase bilden, aber nur weich werden und nicht schmelzen, so daß das erhitzte Material entsprechend porös ist. Aus Trümmerschutt, Aschen oder kohlehaltigem Abraummaterial entsteht auf dem Sinterband oder in Sinterpfannen **Sinterbims**, jetzt meist **Agloporit** genannt. Vorgebrochene Schieferabfälle, zylindrisch gepreßte Tonteilchen oder die feinkörnigen → **Perlite** werden durch Erhitzen im Drehrohrföhen gebläht. Dieser Zustand wird durch die Sinterung stabilisiert. Die entsprechenden Granalien nennt man → **Porensinter**. In der DDR werden Agloporite bei Zwickau (Aschensinter),

Porensinter als Blähton (auch Keramsit genannt) in Grimmen (Mecklenburg) und als Blähschiefer in Unterloquitz (Thüringen) hergestellt.

Lit. Leichtzuschlagstoffe und Leichtbetone (Berlin 1961); Backe: Werkstoffkunde für die Bauindustrie (Berlin 1968).

2) Metallurgie: Stoffe, die bei der pyrometallurgischen Metallgewinnung und Raffination zugesetzt werden, um entweder eine physikalische Wirkung (\rightarrow Flußmittel), eine chemische Wirkung (\rightarrow Schmelzen 3) oder die Bildung einer gut flüssigen Schlacke zu erreichen.

Zustand, die Beschaffenheit eines Körpers. Der Z. eines einfachen homogenen und isotropen Körpers läßt sich durch die drei **Zustandsgrößen** Dichte, Druck und Temperatur kennzeichnen. Bei zusammengesetzten homogenen oder heterogenen Systemen und anisotropen Körpern (Kristalle) sind weitere Angaben über ihre Zusammensetzung erforderlich. Alle anderen Eigenschaften, z. B. Enthalpie und Entropie, lassen sich theoretisch nur durch bestimmte mathematische Verknüpfung dieser Zustandsgrößen in Form von **Zustandsfunktionen** angeben. Eine solche Zustandsfunktion kann man allgemein durch $z = f(x, y)$ darstellen, d. h., z ist eine Funktion der Zustandsgrößen x und y .

Ein **Zustandsdiagramm** zeigt den Zusammenhang zwischen den Zustandsgrößen als Kurve. Man kann es z. B. durch \rightarrow thermische Analyse ermitteln. Den Übergang eines Stoffes von einem Z. in einen anderen nennt man \rightarrow Zustandsänderung.

Zustandsänderung, der Übergang einer Substanz von einem Zustand in einen anderen. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen **reversiblen Z.en**, d. h. umkehrbaren, und **irreversiblen Z.en**, d. h. nicht umkehrbaren. Je nachdem, welche Zustandsgrößen sich ändern, unterscheidet man zwischen isothermen, isochoren, isobaren und adiabatischen Z.en (Abb.). **Isotherme Z.en** sind solche Änderungen des Druckes und des Volumens, bei denen die Temperatur unverändert bleibt. Trägt man in einem Koordinatensystem den Druck p als Ordinate und das Volumen V als Abszisse auf, so erhält man für ideale Gase gemäß dem Boyle-Mariotteschen Gesetz Hyperbeln, die als **Isothermen** bezeichnet werden. **Isochrome Z.en** liegen dann vor, wenn das Volumen eines Stoffes konstant bleibt. Die im p - V -Diagramm eingetragene **Isochrome** eines idealen Gases bildet eine Gerade zur Ordinate. Bei **isobaren Z.en** bleibt der Druck konstant, die Variablen sind Volumen und Temperatur. Die im p - V -Diagramm eingetragene **Isobare** eines idealen Gases bildet eine Gerade zur Abszisse.

Adiabatische Z.en erfolgen ohne Wärmezufuhr, für die **Adiabaten** gilt die Poissonsche Gleichung $pV^n = \text{konst.}$ Ist eine adiabatische Z. reversibel, dann bleibt die Entropie des Systems konstant, daher spricht man hier auch von **isentropischen Z.en** bzw. von **Isentropen**. Im p - V -Diagramm verläuft die Adiabate stets steiler als die Isotherme. Eine **polytropische Z.** verläuft unter teilweiseem Wärmeaustausch mit der Umgebung und unter Temperaturänderungen. Eine **Polytrope** verläuft nach der allgemeinen Gleichung $pV^n = \text{konst.}$, wobei n eine beliebige Zahl ist.

Zustandsgleichung, mathematische Darstellung der Zustandsfunktionen und Zustandsgrößen (\rightarrow Zustand). **Thermische Z.** nennt man die allgemeine Form der Wechselwirkung der Zustandsgrößen Druck p , Volumen V und absolute Temperatur T , z. B. $V = f(p, T)$, d. h., das Volumen ist eine Funktion des Druckes und der Temperatur. Für ideale Gase lautet die thermische Z.: $pV = nRT$, wobei R = Gaskonstante, n = Molzahl. In ihr sind die Gesetze von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac (1. Gesetz) und das Amontonsche Gesetz als Spezialfälle enthalten.

Thermische Z.en realer Gase sind eine Reihe empirischer oder halbempirischer Gleichungen. Am bekanntesten ist die \rightarrow Van-der-Waalsche Zustandsgleichung.

Die **kalorische Z.** gibt die allgemeine Form der Abhängigkeit der inneren Energie U und der Enthalpie H vom Druck p , vom Volumen V , von der absoluten Temperatur T und in einigen Fällen auch von weiteren Variablen an: $U = f(p, T)$ und $H = f(V, T)$.

Die **kanonische Z.** nach M. Planck stellt die Entropie S als Funktion des Volumens V und der inneren Energie U dar: $S = f(U, V)$.

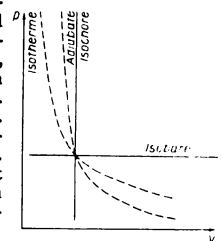
Zustellung, Futter, die Auskleidung metallurgischer Öfen mit feuerfesten Materialien (Steine oder Stampfmassen) zum Schutz der Öfen vor Verschleiß und zur Wärmedämmung des Schmelzraumes. Die Z. besteht in der Regel aus einer inneren, dem Schlackenangriff widerstehenden oder diesen mindernden Schicht und einer äußeren, wärmedämmenden Schicht, z. B. Schamotte- und Kohlenstoffzustellung in Hochöfen, Magnesit-, Chrommagnesit- oder Silikazustellung in Siemens-Martin-Öfen. Die Z. muß je nach Verschleiß erneuert werden. Die Lebensdauer einer modernen Hochofenzustellung beträgt 7 bis 10 Jahre. Eine Siemens-Martin-Ofen-Zustellung hält 400 bis 500 Schmelzen aus. Man unterscheidet **saure Z.en**, z. B. Schamotte, und **basische Z.en**, z. B. Dolomit und Magnesit.

Zuverlässigkeit, die Eigenschaft eines Bauelements oder Systems (Gerät, Übertragungskanal, Anlage, Organismus oder dergleichen), daß sein Verhalten in einer gewissen Anzahl von Fällen den an dieses gestellten Erwartungen entspricht. Man nennt ein Bauelement oder ein System zuverlässig, wenn diese Anzahl relativ groß ist. Ein anderes als das geforderte Verhalten wird als Ausfall interpretiert, z. B. ein Ausfall eines Transistors in einem Radio oder ein Rechenfehler in einem Rechenautomaten. Die Z. wird somit vom Ausfallhalten bestimmt. Seine Ursachen sind äußerst vielfältig und verwickelt, so daß die genauen Zeitpunkte und Intensitäten der Ausfälle nicht vorhergesagt werden können. Daher ist auch die Z. nicht exakt berechenbar. Die o. a. qualitative Definition wird durch folgende quantitative Definition präzisiert: Die Z. ist die Wahrscheinlichkeit, daß das Bauelement oder System unter definierten Beanspruchungen für ein bestimmtes Zeitintervall innerhalb vorgegebener Toleranzen funktionsfähig ist.

Eine hohe Z. ist besonders bei der **Automatisierung** von ausschlaggebender Wichtigkeit, da die ohne Zwischenschaltung des Menschen arbeitenden Automaten durch Fehlleistungen den gesamten Vorteil der Automatisierung wieder zunichte machen können. Eine Erhöhung der Z. kann z. B. erzielt werden durch geeigneten und sorgfältigen Entwurf, durch Verwendung einwandfreier und hochwertiger Bauelemente, durch besondere technologische Maßnahmen, durch Fernhaltung schädlicher Einflüsse, durch intensive Wartung, durch vorbeugende Instandhaltung und durch Einführung nützlicher Redundanz.

Lit. Hummitchsch: Z. von Systemen (Berlin 1965).

Zwanglauf, die bestimmte Bewegung eines Getriebegliedes, die dadurch gekennzeichnet ist, daß alle Punkte des Gliedes auf Bahnlinien bestimmter Gestalt laufen und auch ihre Geschwindigkeit und Beschleunigung in jedem Augenblick bestimmt sind. Getriebe und Mechanismen sind **zwangsläufig**, wenn jeder Stellung des einen Gliedes gegen irgendein anderes Glied bestimmte Stellungen aller anderen Glieder zugeordnet sind (Freiheitsgrad 1). Der Z. ist abhängig von der Gliederzahl, der Zahl der Gelenke und ihrer Ausbildung (höheres, niederes Elementenpaar usw.) sowie von der Anzahl der Antriebe und der Anordnung der Elementenpaare im Getriebe.



Vergleich der verschiedenen Zustandsänderungen idealer Gase im p - V -Diagramm

Auch bei Elementenpaaren spricht man von Z. Bei Getrieben ist, auch wenn ein darin enthaltene Elementenpaar nicht zwangsläufig ist, Z. durch → Kraftschluß möglich.

Zwanglaufstraße, → Fließfertigung.

Zwangsweg, in der Nord- und Ostsee und in den diese verbindenden Gewässern ein von Minen (besonders Magnetminen) des 2. Weltkrieges geräumt und von der Schifffahrt zu benutzender Weg. Die Z.e haben eine Breite von etwa 1 sm (Seemeile), ihre Mitte ist durch Tonnen (**Zwangswegtonnen**) gekennzeichnet.

Zweidrahtbetrieb, der Nachrichtenaustausch auf 2 Leitungen. Bei Überbrückung größerer Entfernungen sind Zweidrahtverstärker notwendig mit Gabelschaltungen am Ein- und Ausgang. Wegen der dabei auftretenden Gefahr der Selbst-erregung der Verstärker (Pfeifen) ist die Reichweite begrenzt.

Zweifachbindung, svw. → Doppelbindung.

Zweikörperproblem, → Himmelsmechanik.

Zweikreisbremse, → Kraftwagen.

Zweiphasenstrom, ein System von zwei gleichfrequenten → Wechselströmen, die um 90° phasenverschoben sind. Der Z. wird heute kaum noch angewandt.

Zweipol, jedes elektrische Netzwerk mit zwei Anschlüssen. Man unterscheidet **aktive Z.e**, die bei Verbindung der beiden Anschlüsse Strom führen (z. B. Element, Akkumulator, Generator), und **passive Z.e**, die bei Verbindung beider Anschlüsse stromlos bleiben (z. B. Widerstand).

Zweistandgetriebe, ein sechs- oder mehrgliedriges → Kurbelgetriebe mit nur zwei Festpunkten. Ein binäres Glied ist Gestell. Z. verwirklichen komplizierte Bewegungsschaubilder bei geringer Gliedzahl, → kinematische Kette.

Zweistoff-Zweiweg-Kühlung, in der Fertigungstechnik ein Kühlverfahren beim Schleifen. Eine kühlende Flüssigkeit wird dabei tangential von außen, eine schmierende Flüssigkeit radial von innen durch das Gefüge der Schleifscheibe der Schleifstelle zugeführt. Die Z.-Z.-K. wurde entwickelt, da es keine Schneidflüssigkeit gibt, die eine optimale Kühl- und Schmierwirkung in sich vereint.

Zweistromturbine, ein → Luftstrahltriebwerk.

Zweitaktmotor, → Verbrennungsmotor.

Zweite Ebene, im Verkehrswesen allgemeine Bezeichnung für eine Verkehrsebene ober- oder unterhalb der Erdoberfläche. Die Führung in der Z.n E. gestattet die niveaufreie Kreuzung mit anderen Verkehrswegen, die an der Erdoberfläche liegen, und vermeidet die Behinderung durch den Straßenverkehr, erfordert aber einen erheblichen baulichen Aufwand. 1) In der **Hochlage** auf Dämmen, Gewölben und Stützen geführte → Schienenbahnen werden als **Hochbahnen**, entsprechende → Straßen als **Hochstraßen** bezeichnet. 2) Bei unterirdischer Führung spricht man von **Tiefenlage**. Bei geringer Tiefenlage (bis etwa 15 m) muß Rücksicht auf die vorhandene Bebauung genommen werden. Solche Tunnel liegen deshalb meist unter den Straßen. Das führt teilweise zu sehr engen Kurvenradien und niedrigen Geschwindigkeiten. Tunnel in geringer Tiefenlage werden vornehmlich in offener Baugrube hergestellt. Bei großer Tiefenlage (bis 50 m) kann die Trassierung ohne Rücksicht auf vorhandene Gebäude für die volle Geschwindigkeit erfolgen. Haltepunkte werden erhöht angelegt, um die Steigung beim Bremsen und das anschließende Gefälle zur Anfahrt zu nutzen. Der Tunnelbau erfolgt bergmännisch. Die unterirdische Führung wird fast ausschließlich für Schienenbahnen, selten für Straßen genutzt. Die Anordnung des Tunnels erfolgt direkt unter der Erd-(Straßen-)Oberfläche in einfacher Tiefenlage oder mit darüberliegendem Fußgängergeschoß in eineinhalb-facher Tiefenlage, bei sich kreuz-

enden Tunnelstrecken auch in zwei- bzw. zwei-einhalb-facher Tiefenlage. Die geringe Tiefenlage wird vor allem von Straßenbahnen (Bezeichnung U-Straßenbahn), S-Bahnen und Metros benutzt, kann aber auch für elektrisch betriebene Stadt- und Vorortbahnen sowie Vollbahnen angewendet werden, ferner für V-Bahnen. In großer Tiefenlage verkehren nur die Metros einzelner Städte.

Eine Sonderform der Tiefenlage ist die kreuzungsfreie Führung im **Einschnitt** für Straßen- und Schienenbahnen; sie wird vielfach außerhalb der geschlossenen Bebauung angewendet.

Zweitourenmaschine, → Zylinderdruckmaschine.

Zweiwegtraktor, ein → Traktor, bei dem zum Ausführen von Spezialarbeiten im Rückwärtsgang Fahrersitz, Lenkrad und Bedienungselemente durch entsprechende Vorrichtungen leicht umgesetzt werden können. Dadurch werden die Fahrungsicherheiten, wie sie sich sonst bei Rückwärtsfahrt ergeben, vermieden.

Zwergstern, **Zwerg**, ein Stern mit relativ kleinem Durchmesser und geringer absoluter Helligkeit. Weiteres → Stern, → Weißer Zwerg.

Zwillinge, kristalline Aggregate, die aus zwei auf verschiedene Weise miteinander verwachsenen Einkristallen oder mehreren gleichwertigen Kristallen bestehen oder in polykristallinen Materialien, besonders in Metallen, auftreten (**Deformationszwillinge**). Bei den Wachstumszwillingen unterscheidet man **Berührungszwillinge**, wenn sie eine Ebene gemeinsam haben, und **Durchdringungszwillinge**, wenn sie sich gegenseitig durchdringen. Fast an allen Z.n treten charakteristische einspringende Winkel auf. Wiederholte Zwillingsbildungen führen zu **Drillungen** und **Vielzwillingen**. Die Deformationszwillingsbildung ist für die plastische Verformbarkeit von Werkstoffen von großer Bedeutung.

Zwirn, für technische Zwecke auch als **Kord** bezeichnet, ein aus zusammengedrehten (miteinander verzwirnten) Garnen, Seiden und/oder Z.en bestehender Faden. **Einstufiger Z.** besteht aus zusammengedrehten Garnen oder/und Seiden, z. B. zweifacher Z. (einstufiger Z. aus zwei Fäden), vierfacher Z. (einstufiger Z. aus vier Fäden). **Mehrstufiger Z.** besteht aus zusammengedrehten Z.en, z. B. zweistufiger Z. (aus einstufigen Z.en), vierstufiger Z. (aus dreistufigen Z.en). Z.e werden auf Ring- oder Flügelzwirnmaschinen hergestellt, die ähnlich wie die entsprechenden Spinnmaschinen (→ Spinnerei), jedoch ohne Streckwerk arbeiten. **Effektzwirn** ist ein Faden mit Kräusel-, Schlingen-, Noppen- oder Flammeneffekten, die meist durch unterschiedlich schnelles Faden-zuführen beim Z.en entstehen.

Zwischenfrequenz, Abk. **ZF**, in der Funktechnik (insbesondere bei Empfängern) die Differenz zwischen einer beliebigen Empfangsfrequenz und der variablen Oszillatorfrequenz im Empfänger. Die Variation der Oszillatorfrequenz erfolgt derart, daß die Z. konstant bleibt. Dieses beim Überlagerungsempfänger angewandte Verfahren bietet den Vorteil, trotz beliebiger Empfangsfrequenzen bei einer konstanten Z. bequem hohe Verstärkung und Selektion realisieren zu können.

Zwischenstufe, **Zwischenstufengefüge**, **Bainit**, **Bainitstufe** [nach dem englischen Metallurgen E. C. Bain], ein Gefüge, das sich in vergütetem Stahl ausbildet und zwischen der Perlitstufe und der Martensitstufe liegt (→ Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild).

Die Z. besteht aus ferritischer Grundmasse, in der feinstdispers Karbidteilchen eingelagert sind. Je nach der Temperaturhöhe, bei welcher das Zwischenstufengefüge entstanden ist, unterscheidet man die **untere Z.** (Gefüge dem → Martensit ähnlicher) und die **obere Z.** (Gefüge dem → Perlit ähnlicher). In der Z. wird besonders hohe

Festigkeit bei guter Zähigkeit des Stahles erreicht. Man kann das Zwischenstufengefüge erreichen durch Abschrecken und Anlassen (\rightarrow Vergüten) oder durch Abschrecken auf eine höhere Temperatur als die Martensittemperatur und Halten bei derselben.

Zwölfflächner, swv. \rightarrow Dodekaeder.

Zyan, swv. \rightarrow Dizyan.

Zyanate, Salze der \rightarrow Zynsäure.

Zyanhydrine, **Hydroxynitrile**, organische Verbindungen, die durch Anlagerung von Blausäure HCN an die C=O-Gruppe der Aldehyde und Ketone entstehen. Z. dienen zur Synthese von Hydroxysäuren und in der Zuckerchemie zur Kettenverlängerung (Zuckeraufbau durch Zyanhydrinsynthese).

Zyanide, Salze der \rightarrow Blausäure.

Zyanidlaugung, die Gewinnung von Gold und Silber aus feingemahlenen Erzen, in denen diese Elemente fein verteilt vorliegen, durch Laugung mit Natriumcyanid unter Einblasen von Luft. Auch Silberchlorid und Silbersulfid werden von Natriumcyanid unter Bildung von komplexem Natriumsilbercyanid gelöst. Die Konzentration des Natriumcyanids darf im allgemeinen nicht höher als 0,1 % liegen, da sonst unedle Metalle mit gelöst werden. Schlamm (Erz mit Korngröße $< 0,1$ mm) und Sand (Erz mit Korngröße $> 0,1$ mm) werden getrennt gelaugt; der Sand wird einer Sickerlaugung, der Schlamm einer Rührlaugung unterworfen. Die Lauge wird vom Rückstand getrennt und dieser zur Vermeidung von Edelmetallverlusten gründlich ausgewaschen. Aus der Lauge werden die Edelmetalle durch metallisches Zink gefällt. Der anfallende Gold- und Silberschlamm (50 bis 85 % Edelmetalle, 15 bis 50 % Zink) wird gewaschen und gereinigt (Laugung mit Schwefelsäure), die Edelmetalle werden zu Barren verschmolzen.

Zyanieren, swv. \rightarrow Karbonitrieren.

Zyaninfarbstoffe, synthetische Farbstoffe, die sich von Chinolin und seinen Homologen ableiten. Zu ihnen gehören z. B. Chinolinblau und Chinolingelb. Chinolinblau ist z. B. in der Photographie ein Sensibilisator für die Farben Rot, Gelb und Orange. Chinolingelb dient zur Herstellung von Farblacken für die Druckfarbenherstellung und Buntpapierindustrie.

Zyanokobalamin, \rightarrow Vitamine.

Zynsäure, HO—C \equiv N, das Nitril der Kohlenensäure, das mit der Knallsäure isomer ist und im Gemisch mit der tautomeren **Isozynsäure** O=C=NH vorliegt. Z. ist eine stechend riechende, unbeständige Flüssigkeit, die oberhalb 0 °C polymerisiert. Die Salze der Z. und der Isozynsäure heißen **Zyanate**, Ester werden nur von der Isozynsäure gebildet (\rightarrow Isozyanate). Hergestellt wird Z. durch Zersetzen von Alkali-zyanaten mit Schwefelsäure. Vom Amid der Z. leiten sich die Plastrohstoffe Dizyandiamid und Melamin sowie Kalkstickstoff (Kalziumzyanamid, \rightarrow Stickstoffdüngemittel) ab.

Zynwasserstoff(säure), swv. \rightarrow Blausäure.

zyklisch, in der Chemie Bezeichnung für ringförmige Verbindungen, z. B. Trimetakisäure und organische \rightarrow Kohlenstoffverbindungen.

zyklische Vertauschung, bei angeordneten Objekten (Zahlen, Indizes, Ecken eines Vielecks usw.) die Vertauschung in der Weise, daß jedes Objekt durch das nächstfolgende und das letzte durch das erste ersetzt wird. *Beispiel:* Bezeichnet man die Dreiecksseiten mit a_1, a_2, a_3 und die jeweils gegenüberliegenden Winkel mit $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, so

ergibt sich der Flächeninhalt $A = \frac{1}{2} a_1 a_2 \sin \alpha_3$,

hieraus durch z. V. der Indizes $A = \frac{1}{2} a_2 a_3 \sin \alpha_1$

und $A = \frac{1}{2} a_3 a_1 \sin \alpha_2$.

Zyklisierung, in der Chemie die Überführung einer kettenförmigen in eine ringförmige Verbindung. Die Ringbildungstendenz hängt von der Länge der offenen Kette, der Art der Ringglieder und den Zyklisierungsbedingungen ab; so ist z. B. beim Arbeiten in großer Verdünnung die Z. gegenüber der Ausbildung längerer Kettenverbindungen bevorzugt (*Ziegler'sches Verdünnungsprinzip*). Technisch von Bedeutung ist die Z. von Alkanen und Alkenen zu aromatischen Kohlenwasserstoffen (**Aromatisierung**), wobei in großem Umfang außer klopffesten Benzenen Benzol, Toluol und Xylol gewonnen werden.

zykloaliphatisch, \rightarrow Kohlenstoffverbindungen.

Zykloalkane, \rightarrow Kohlenstoffverbindungen.

Zykloalkene, \rightarrow Kohlenstoffverbindungen.

Zyklogramm, ein Hilfsmittel der Planung und Leitung im Bauwesen, die graphische Darstellung des zeitlichen und räumlichen Verlaufs beim Objekt bzw. dessen wichtigster Spezialaktstraße in der Phase der Aufgabenstellung. Das Z. ermöglicht es, die zeitliche Verteilung von Investitionsmitteln, Arbeitskräften und Hauptmechanismen sowie die Projektierungs-, Leitungs- und Inbetriebnahmetermine zu ermitteln.

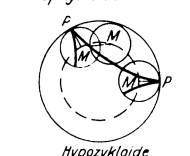
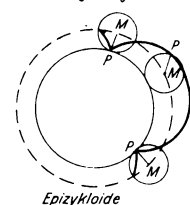
Zyklohexan, **Hexahydrobenzol**, ein gesättigter aus 6 C-Atomen bestehender Ringkohlenwasserstoff. Z. ist eine farblose, leicht brennbare Flüssigkeit (Kp. 81 °C), die besonders im Erdöl vorkommt. Es ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel und Ausgangsstoff für die Synthese von Zyklohexanol, ϵ -Kaprolaktam und Adipinsäure.

Zyklohexanol, **Hexahydrophenol**, C₆H₁₁OH, ein einwertiger, gesättigter, aromatischer Alkohol. Z. ist eine ölige, kampherartig riechende Flüssigkeit (Kp. 181 °C). Durch Chromsäure kann es zum **Zyklohexanon** C₆H₁₀O, dem Ausgangsstoff zur Gewinnung von ϵ -Kaprolaktam, oxidiert werden. Z. läßt sich z. B. durch Hydrierung von Phenol herstellen. Es ist ein wichtiges Lösungsmittel, z. B. für Wachse, Harze, Kautschuk und Zelluloseazetat.

Zykloide *f*, **Radkurve**, eine ebene Kurve. Sie entsteht, wenn ein Kreis auf einer festen Geraden oder auf einem anderen festen Kreis abrollt, ohne dabei zu gleiten. Jeder Punkt P des rollenden Kreises beschreibt dabei eine Z. Rollt der Kreis auf einer Geraden ab und liegt der Punkt P auf der Peripherie des rollenden Kreises, so beschreibt er eine **gewöhnliche Z.** Liegt der Punkt P innerhalb des rollenden Kreises, so entsteht eine **gestreckte (verkürzte) Z.** Liegt er außerhalb des Rollkreises, so bezeichnet man die von ihm durchlaufene Kurve als **verschlungene (verlängerte) Z.** Die gestreckten und die verschlungenen Z. n nennt man mitunter auch **Trochoiden**.

Rollt der Kreis auf einem anderen festen Kreis ab, so beschreibt ein fester Punkt P auf dem Umfang des rollenden Kreises eine **Epizykloide**, wenn der Rollkreis außerhalb des festen Kreises gelegen ist; dagegen entsteht eine **Hypozykloide**, wenn der abrollende Kreis innerhalb des festen Kreises liegt. Ein Spezialfall der Epizykloide ist die **Kardioid** (Herzkurve). Sie entsteht bei Gleichheit der Radien des abrollenden und des festen Kreises; sie besteht nur aus einem Bogen. Eine aus vier Bögen bestehende spezielle Hypozykloide ist die **Astroide** (Sternkurve). Der Radius des festen Kreises ist dabei gleich dem vierfachen Radius des innen abrollenden Kreises.

zyklometrische Funktionen, **Kreis(bogen)funktionen**, **Arkusfunktionen**, die Umkehrfunktionen der \rightarrow Winkelfunktionen, und zwar **Arkussinus** (Zeichen: arcsin), **Arkuskosinus**, **Arkustangens** und **Arkuskotangens**. $y = \arcsin x$ heißt: y ist der Bogen (arcus), dessen Sinusfunktion gleich x ist. Entsprechend gibt es zu $y = \cos x$ die z. F. $y = \arccos x$, zu $y = \tan x$ die z. F. $y = \arctan x$, zu $y = \cot x$ die z. F. $y = \operatorname{arccot} x$.



Zyklon

Die z.n. F. sind wegen der Periodizität der Winkelfunktionen unendlich vieldeutig. Ihre Hauptwerte liegen zwischen den Grenzen

$$-\frac{\pi}{2} \leq \arcsin x \leq +\frac{\pi}{2}, \quad -\frac{\pi}{2} < \arctan x < +\frac{\pi}{2},$$

$$0 \leq \arccos x \leq \pi, \quad 0 < \operatorname{arccot} x < \pi.$$

Die graphische Darstellung der z.n. F. erfolgt durch Spiegelung der Winkelfunktionen an der Geraden $y = x$.

Zyklon m, eine Anlage zur Stofftrennung durch Fliehkraftwirkung. Beim Z. zur Entstehung von Luft- oder Gasströmen wird das zu reinigende Gas tangential in das zylindrische Oberteil des Z.s geblasen, wobei sich der mitgeführte Staub an der Wand absetzt, von dort in das kegelförmige Unterteil rutscht und hier ausgetragen wird. Der gereinigte Luft- oder Gasstrom steigt spiralig in der Achse des Z.s empor und wird in dessen Deckel durch ein Rohr abgezogen. Für bestimmte Zwecke koppelt man mehrere Z.e geringer Leistung zu **Multi(zyklonen)**. Der **Hydrozyklon** ist ein Z. für nassen Betrieb, der zum Abscheiden des Feststoffs aus einer Trübe (**Eindickzyklon**), zum Klassieren (**Klassierzyklon**) und zum Sortieren, z. B. von Kohle, Erzen und anderen Mineralen (**Sortierzyklon**), dient.

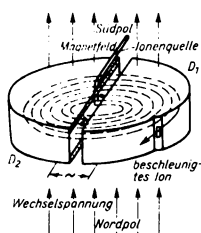
Zyklone f, ein wanderndes → Tiefdruckgebiet.

Zyklonfeuerung, eine spezielle Art der Schmelzkammerfeuerung (→ Dampfkessel). Die verwendete gasreiche Kohle mit leichtschmelzender Asche wird unter Zufuhr hocherhitzter Verbrennungsluft in einer zylindrischen Brennkammer verbrannt. Ein großer Teil der Asche wird im Zyklon durch die sehr hohen Temperaturen flüssig und läuft von selbst ab; dadurch werden die nachgeschalteten Heizflächen im Dampfkessel nicht verschmutzt.

Zyklololefine, → Kohlenstoffverbindungen.

Zyklonparaffine, → Kohlenstoffverbindungen.

Zyklotron, ein Kreisbeschleuniger für Protonen oder schwerere Ionen. Das Zyklotron wurde 1932 von dem amerikanischen Physiker E. O. Lawrence erstmalig angegeben. In einem nahezu homogenen Magnetfeld befindet sich eine hoch-evakuierte Kammer, in der zwei gegeneinander isolierte Elektroden (Duanten oder Dees, D_1 und D_2) untergebracht sind (Abb.). An diese Duanten ist eine hochfrequente Wechselspannung (etwa 100 kV) mit zeitlich konstanter Frequenz (etwa 10^7 Hz) angelegt. In der Mitte zwischen den Duanten befindet sich die Ionenquelle; die Ionen werden durch das im Spalt herrschende elektrische Feld in Richtung einer Elektrode beschleunigt und beschreiben unter der Wirkung des transversalen Magnetfeldes einen Halbkreis in der waagerechten Mittelebene der Duanten. Während sich die Ionen im feldfreien Raum des einen Duanten befinden, wechselt die Beschleunigungsspannung ihr Vorzeichen. Bei geeigneter Frequenz der Wechselspannung finden die Ionen beim Eintreffen am Spalt wiederum ein beschleunigendes Feld vor, so daß ihre Energie erhöht wird und sie auf einem größeren Halbkreis durch den anderen Duanten laufen. Da die Zeit, die zum Durchlaufen eines Halbkreises benötigt wird, unabhängig von der Geschwindigkeit der Teilchen ist (über die Abweichung bei hohen Energien s. u.), werden diese bei jedem Durchgang aufs neue beschleunigt. Der Radius der Bahn vergrößert sich nach jeder Beschleunigung, so daß die Form der Bahn Ähnlichkeit mit einer Spirale hat. Um zu erreichen, daß Teilchen, die durch kleine Störungen, z. B. Zusammenstöße mit restlichen Gasmolekülen, aus der Mittelebene herausgeraten sind, wieder zurückgelenkt werden, läßt man die magnetische Feldstärke nach außen langsam abnehmen (axiale Fokussierung). Haben



Zyklotron

die Teilchen den äußeren Rand der Duanten erreicht, werden sie mit Hilfe einer zusätzlichen Elektrode aus der Bahn gelenkt; sie treffen dann auf ein Target oder treten durch eine dünne Abschlußfolie ins Freie. In jeder Periode der Beschleunigungsspannung liefert die Ionenquelle einen Teilchenschwarm. Da die Betriebsfrequenz hoch ist, kann man im Gegensatz zu allen anderen Kreisbeschleunigern beim Z. von einem nahezu kontinuierlichen Teilchenfluß sprechen. Die erreichbaren Teilchenstromstärken liegen in der Größenordnung 0,1 mA; darin ist das Z. anderen Kreisbeschleunigern weit überlegen.

Je stärker und größer die Magnete eines Z.s sind, desto größer ist die erzeugte Endenergie der Teilchen. Man kann jedoch die Endenergie beim Z. nicht beliebig steigern; die Voraussetzung für den Zyklotronbetrieb, daß die Umlaufzeit der Teilchen unabhängig von der jeweiligen Geschwindigkeit der Teilchen ist, gilt nur so lange, wie man die relativistische Massezunahme (→ Relativitätstheorie) vernachlässigen kann. Bei Protonen macht sich diese Änderung der Masse bei etwa 10 MeV (Megaelektronenvolt) bemerkbar, die Teilchen gelangen etwas verspätet an den Beschleunigungsspalt, d. h., es herrscht beim Eintreffen nicht mehr der Scheitelwert der Feldstärke, die Beschleunigung ist kleiner. Bei noch höheren Energien wird die Verspätung schließlich so groß, daß die Teilchen nicht mehr beschleunigt werden oder sogar ein Gegenfeld vorfinden und dadurch gebremst werden. Die Grenze der mit dem Z. erreichbaren Energie liegt bei etwa 12 MeV für Protonen, bei 45 MeV für Alphateilchen. Eine Steigerung der Energie über diese Grenze hinaus ist möglich durch Verringerung der Frequenz der Beschleunigungsspannung; dieses Prinzip wird beim → Synchrozyklotron angewandt. Im Gegensatz zu diesem Gerät wird das im nicht-relativistischen Bereich arbeitende Z. auch „klassisches“ Z. genannt. Mit dem Z. des Zentralinstituts für Kernphysik in Rossendorf bei Dresden können Alphateilchen auf 25 MeV, Protonen auf 9 MeV und Deuteronen auf 12,5 MeV beschleunigt werden.

In jüngerer Zeit wurde eine Weiterentwicklung des Z.s vorgenommen, indem man das bereits beim → Protonensynchrotron und auch beim Elektronensynchrotron eingeführte Prinzip der alternierenden Gradienten anwendet. Die magnetische Feldstärke ändert sich räumlich periodisch in azimuthaler Richtung, wobei jedoch keine reinen Sektorfelder verwendet werden; die Linien maximaler Feldstärke haben vielmehr die Form einer aus dem Magnetzentrum gehenden Archimedischen Spirale (**Spiralfokussierung**). Man bezeichnet diese Art des Z.s daher als **Spiralzyklotron**. Da die relativistische Massezunahme durch die Zunahme der durchschnittlichen magnetischen Feldstärke nach außen berücksichtigt wird, kann die Beschleunigungsfrequenz im Spiralzyklotron zeitlich konstant bleiben, wodurch man hohe Teilchenenergien (einige 100 MeV) bei einem kontinuierlichen Teilchenstrom erhält. Die erste Anlage dieser Art wurde Anfang 1959 in Dubna (UdSSR) in Betrieb genommen.

Für die Beschleunigung von Elektronen ist das Z. nicht geeignet, da sich hier infolge ihrer geringen Masse schon bei verhältnismäßig niedrigen Energien die relativistische Massezunahme stark bemerkbar macht; ein auf dem Zyklotronprinzip beruhender, speziell für die Elektronenbeschleunigung eingerichteter Kreisbeschleuniger ist das → Mikrotron.

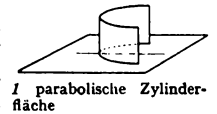
Zylinder, 1) Mathematik: ein Körper, der begrenzt wird von zwei parallelen Ebenen und einer Zylinderfläche (Zylindermantel) mit ge-

schlossener Leitlinie. Unter einer **Zylinderfläche** versteht man dabei eine von einer geraden Linie erzeugte Fläche, die entsteht, wenn sich die Gerade (*Erzeugende*) längs einer vorgegebenen Kurve (*Leitlinie*) und stets parallel zu sich selbst im Raum fortbewegt. Eine Zylinderfläche ist nicht notwendig geschlossen, z. B. die parabolische Zylinderfläche (Abb. 1), deren Leitlinie eine Parabel ist. Die beiden ebenen Begrenzungsflächen des Z.s heißen *Grund- oder Endflächen*, ihr Abstand die *Höhe h* des Z.s. Sind die Grundflächen Kreise, so handelt es sich um einen **Kreiszylinder** (Abb. 2). Steht darüber hinaus die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Grundkreise (die *Achse* des Z.s) senkrecht auf den Kreisflächen, so spricht man von einem **geraden Kreiszylinder (Walze)**, den man sich auch durch die Umdrehung eines Rechteckes um eine seiner Seiten entstanden denken kann, andernfalls von einem **schiefen Kreiszylinder**. Der Rauminhalt eines beliebigen Z.s ist Grundfläche mal Höhe. Beim Kreiszylinder sind der Rauminhalt $V = \pi r^2 \cdot h$, die Mantelfläche $M = 2\pi r \cdot h$, die Grundfläche $G = \pi r^2$, die Gesamtoberfläche $O = 2\pi r^2 + 2\pi r \cdot h = 2\pi r \cdot (r + h)$. Unter dem Begriff **Z.** versteht man auch oft die Zylinderfläche.

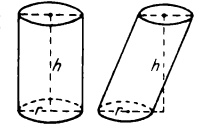
2) **Maschinenbau:** im allgemeinen ein langgestreckter Hohlkörper von kreisförmigem Querschnitt, im besonderen ein Maschinenteil (Arbeitszylinder), in dem sich ein Kolben hin- und herbewegt und dadurch Druckenergie in Bewegungsenergie umsetzt und umgekehrt (bei Kolbenmaschinen).

Zylinderdruckmaschine, Schnellpresse, Flachform-Buchdruckmaschine, Buchdruckmaschine, bei der die Druckform auf einem ebenen, waagrecht hin- und hergehenden Druckformträger (Fundament) liegt, während der zugeschnittene Papierbogen durch einen umlaufenden Zylinder gegen die Druckform gedrückt wird. Das Druckprinzip der Z. ist also Walze gegen Fläche. Nach der Arbeitsweise unterscheidet man die **Halt-(Stopp-) Zylindermaschine**, bei der der Druckzylinder während des Rückgangs der Druckform

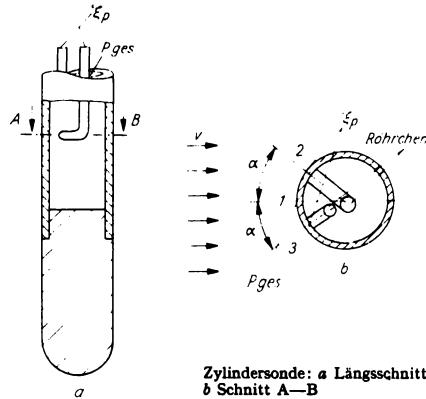
Sie dient zum Messen des Gesamtdruckes p_{ges} (Summe aus dynamischem und statischem Druck), des statischen Druckes p und der Geschwindigkeitsrichtung v in einer Ebene senkrecht zur Sondenachse. Eine 3-Loch-Zylindersonde wird beim Messen so lange um ihre Achse gedreht, bis an den Bohrungen 2 und 3 der gleiche Druck herrscht. Dann zeigen Bohrung 1 den Gesamtdruck und Bohrung 2 oder 3 den ζ -fachen Wert des statischen Druckes an. (ζ ist ein durch Eichung zu bestimmender Faktor.) Außerdem kann an einem mit der Sonde verbundenen Zeiger der Strömungswinkel gegenüber einem festen Bezugssystem abgelesen werden. Der Staudruck q (und damit die Geschwindigkeit v) bestimmt sich dann aus der \rightarrow Bernoullischen Gleichung. Eine 2-Loch-Zylindersonde weisen die Bohrungen 2 und 3 auf. Der Gesamtdruck wird durch Drehen der Sonde um den Winkel α an einer dieser beiden Druckbohrungen bestimmt. Eine 1-Loch-Zylindersonde hat nur die Bohrung 1 zum Messen des Gesamtdruckes.



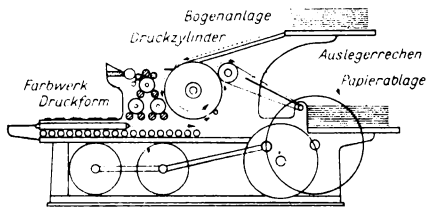
1 parabolische Zylinderfläche



2 Kreiszylinder: links gerade, rechts schief



Zylindersonde: a Längsschnitt, b Schnitt A—B



Zylinderdruckmaschine (die gepunkteten Pfeile bezeichnen die Laufbahn des Papiers)

angehalten wird, die **Zweitourenmaschine**, deren Druckzylinder sich für jeden Druckbogen zweimal, und zwar mit gleichförmiger Geschwindigkeit und ständig in einer Richtung, dreht, wobei während des Druckfundamentrücklaufs der Druckzylinder angehoben wird, die **Eintourenmaschine**, bei der sich der Druckzylinder für jeden Bogen einmal mit gleichförmiger Geschwindigkeit in einer Richtung dreht, und die **Schwingzylindermaschine**, deren Druckzylinder sich für jeden Druckbogen einmal vorwärts und einmal rückwärts bewegt.

Lit. \rightarrow Druckverfahren.

Zylinderlinsen, Zylindergläser, Linsen, bei denen mindestens eine Fläche ein Teil eines Zylinders ist. Sie werden verwendet als Brillengläser zum Ausgleich des Astigmatismus (\rightarrow Abbildungsfehler) und zur anamorphotischen Abbildung (\rightarrow Anamorphot) in optischen Geräten. **Zylindersonde**, eine Strömungs-sonde. Die Z. ist ein mit 1 bis 3 Bohrungen versehener Zylinder.

Zymase, ein aus Hefe isoliertes Fermentgemisch, das den Hauptanteil der an der Gärung beteiligten Fermente enthält. Die 1897 von Buchner entdeckte Z. enthält neben Dekarboxylasen eine Reihe von Dehydrogenasen. Das durch Zerreiben der Hefe und Auspressen erhaltene Fermentpräparat besitzt die volle fermentative Aktivität, obgleich es frei von lebenden Hefezellen ist.

p-Zymol, 1-Methyl-4-isopropylbenzol, $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, der Grundkörper vieler Terpene. p-Z. ist eine farblose Flüssigkeit (Kp. 177 °C) und Bestandteil vieler ätherischer Öle. Es dient als Verdünnungsmittel von Farben und Lacken, ferner als Geruchsstoff für technische Produkte.

Zymophan, eine Varietät des \rightarrow Chrysoberylls. **Zyrtolith**, eine Varietät des \rightarrow Zirkons.

Zystein, abg. **Cys**, α -Amino- β -merkapto-propionsäure, $\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$, eine schwefelhaltige Aminosäure. Z. geht leicht in sein Disulfid, das **Zystin** $\text{HOOC}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$, über. Zystin kommt in verschiedenen Eiweißstoffen vor, besonders in den Keratinen der Haare.

Zystin, \rightarrow Zystein.

Zyroskop, ein \rightarrow Endoskop.

Zytochrome, eine zu den Dehydrogenasen gehörende Gruppe von Hämifermenten, deren biologische Funktion in der Elektronenübertragung bei der Zellatmung besteht.

Zytosin, 2-Hydroxy-4-aminopyrimidin, eine heterozyklische Verbindung, die Bestandteil der Desoxyribonukleinsäuren ist.

ZZZ, Abk. für \rightarrow Zeitzonenzähler.